

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Departamento de Estomatología IV



TESIS DOCTORAL

**Influencia del contacto mediotrusivo natural en la actividad electromiográfica
mandibular y cervical en personas sanas y con trastornos temporomandibulares durante
la masticación y el rechinar dentario**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Aler Daniel Fuentes del Campo

Directores

Prof.^a Dra. M^a Concepción Martín Alvaro

Prof. Dr. Rodolfo Miralles Lozano

Madrid, 2018

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Departamento de Estomatología IV



TESIS DOCTORAL

**Influencia del contacto mediotrusivo natural en la actividad electromiográfica
mandibular y cervical en personas sanas y con trastornos temporomandibulares durante
la masticación y el rechinar dentario**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Aler Daniel Fuentes del Campo

Directores

Prof.^a Dra. M^a Concepción Martín Alvaro

Prof. Dr. Rodolfo Miralles Lozano

Madrid, 2018

En el presente trabajo de investigación científica, con el propósito de optar a la Mención Europea en el título de Doctor, se efectuó una estancia de tres meses en la Università degli Studi di Milano, en el Dipartimento di Scienze Biomediche per la Salute, Laboratorio di Anatomia Funzionale dell'Apparato Stomatognatico, Milán, Italia. En este lugar se desarrolló una línea de investigación en pacientes con trastornos temporomandibulares. Dicha actividad se realizó bajo la dirección de la profesora Chiarella Sforza (PhD).



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE BIOMEDICHE PER LA SALUTE

Il Direttore

Milano, 8 luglio 2014

Mr. Aler Daniel Fuentes del Campo

I certify that Mr. **Aler Daniel Fuentes del Campo** has worked as visiting PhD student in the Laboratory of Functional Anatomy of the Stomatognathic System at the University of Milan, under my supervision for three months in a continuous way. This activity is part of his Doctoral thesis.

This certification of the stay was made to be presented at the European doctorate mention procedures.

My best wishes

Prof. Chiarella Sforza



IL DIRETTORE

Prof.ssa Chiarella Sforza



A Dios...
Por colmar de pasión mi alma.

AGRADECIMIENTOS

En momentos como este, plenos de emoción, es difícil ordenar los pensamientos. Ha sido una larga travesía con muchos momentos de oscuridad, que ha requerido un enorme sacrificio. Sin embargo, mi perseverancia y la asistencia de numerosas personas me han permitido culminar este proyecto.

Quisiera comenzar por quienes compartieron conmigo de manera directa o indirecta este largo y tortuoso camino, contribuyendo a la realización de la presente tesis doctoral. En estas líneas no estarán mencionadas todas ni todos, ya que la lista sería interminable, por lo cual ofrezco mis sentidas disculpas de antemano.

Desearía también agradecer a todos aquellos profesores que he tenido a lo largo de mi vida, personas que me han enseñado parte de lo que sé. Que me han motivado a aprender, a cuestionarme y a maravillarme del bello mundo que nos rodea y acoge.

A mi familia, en especial a mi hermosa y amada madre *Marta del Campo*, quien es un tesoro incalculable. Me acompañó siempre a pesar de la gran distancia con su sonrisa y calidez únicas, llenándome de fuerza en cada momento con su inconmensurable amor.

A mi directora Prof.^a *Conchita Martín*, por su acogida desinteresada y por brindarme su cordialidad, paciencia y apoyo en los momentos difíciles.

A mi director y maestro Prof. *Rodolfo Miralles*, por darme su valiosa amistad, además de motivarme y enseñarme a querer la ciencia con energía.

A la Prof.^a *Chiarella Sforza* y su gran equipo humano en la Università degli Studi di Milano, en especial a mis amigas y amigos *Claudia Ferreira*, *Valentina Pucciarelli*, *Daniela Ciprandi*, *Marina Codari*, *Matteo Zago*, *Luca Pisoni*, *Gianluigi Lodetti* y *Andrea Mapelli*; por su atención y gran compañerismo. Vi ringrazio di cuore per la vostra amicizia, affetto, compagnia e aiuto. A Milano, siete stati la mia famiglia. Grazie mille a tutti!

A los profesores *Corrado Paganelli* y *Luca Visconti* de la Università degli Studi di Brescia, por su disposición y por permitirme con mucha amabilidad el acceso a los pacientes en el Ospedali Civili di Brescia.

A mi amigo Prof. *Hugo Santander*, por sus sabias palabras y consejos, que me permitieron crecer y sentir más cerca a mi querido país.

A mi amiga *Patricia Espinoza*, por sus palabras de aliento, contacto habitual y cariño fraterno.

A mi amiga *Verónica Espinosa*, por su preocupación constante, cercanía y gran afecto.

Al Prof. *Jorge Gamonal*, por su confianza y ayuda para la realización de mis estudios de Doctorado en el extranjero. Asimismo, al sistema BECAS CHILE del Ministerio de Educación de la República de Chile, por el apoyo económico para la ejecución de los mismos.

A mi amigo Prof. *José Antonio Alarcón*, por brindarme su alegría, consideración y simpatía de manera generosa.

A mis amigas *Vilma Chandía*, *Myriam Chandía* y *Valeria Turri*, por cobijarme y regalarme su compañía y enorme aprecio.

Finalmente, no puedo olvidar a todas aquellas piedras en el camino, que han fortalecido mi espíritu y han permitido hacerme más sabio y mejor persona.

A todos, les agradezco con el corazón.

***“La ciencia no conoce país, porque el conocimiento pertenece a la humanidad,
y es la antorcha que ilumina el mundo”***

Louis Pasteur (1822-1895). Químico y biólogo francés

“La ciencia se puede aprender de memoria; la sabiduría, no”

Laurence Sterne (1713-1768). Novelista y clérigo anglo-irlandés

***“En las profundidades del invierno finalmente aprendí que en mi interior
habitaba un verano invencible”***

Albert Camus (1913-1960). Escritor y filósofo francés

Índice

I. Summary.....	4
1. Introduction.....	5
2. Hypothesis	6
3. Objectives	7
3.1 General objective.....	7
3.2. Specific objectives	7
4. Results.....	9
4.1 Study 1	9
4.2 Study 2	9
4.3 Study 3	10
5. Conclusions	12
II. Introducción.....	14
III. Revisión de la literatura.....	17
1. Oclusión dentaria y contacto mediotrusivo	18
1.1 Conceptos y definiciones.....	18
1.2 Implicación clínica.....	20
2. Fisiología del control motor.....	21
2.1 Sistema motor y fibras musculares	21
2.1.1 Tipos de contracción muscular.....	23
2.2 Fenómenos eléctricos y mecánicos de la contracción muscular esquelética ..	24
2.2.1 Fenómenos eléctricos.....	24
2.2.2 Fenómenos mecánicos	26
3. Función masticatoria	27
3.1 Fisiología de la masticación	27
3.2 Percepción y características de los alimentos.....	29
3.3 Masticación y coordinación muscular	30
4. Rechinamiento dentario	32
4.1 Generalidades.....	32
4.2 Factores causantes	34
5. Trastornos temporomandibulares	38
5.1 Articulación temporomandibular	38
5.2 Definición y epidemiología	39

5.3 Etiología y diagnóstico	40
5.4 Relación entre trastornos temporomandibulares y oclusión dentaria	43
5.5 Relación entre trastornos temporomandibulares y dolor	45
6. Electromiografía de superficie.....	48
6.1 Definición y aspectos técnicos.....	48
6.2 Actividad electromiográfica y contacto oclusal mediotrusivo	51
6.3 Actividad electromiográfica y masticación.....	54
6.4 Actividad electromiográfica y rechinar	56
6.5 Actividad electromiográfica y trastornos temporomandibulares.....	57
IV. Justificación	60
V. Hipótesis	64
VI. Objetivos.....	66
VII. Material, Métodos y Resultados	69
1. Estudio 1	71
2. Estudio 2	80
3. Estudio 3	89
VIII. Discusión.....	101
1. Estudio 1	103
2. Estudio 2	107
3. Estudio 3	111
IX. Conclusiones.....	116
X. Bibliografía.....	119
XI. Anexo	138
1. Resumen	139
1.1 Estudio 1	140
1.2 Estudio 2	141
1.3 Estudio 3	142

Influencia del contacto mediotrusivo natural en la actividad electromiográfica mandibular y cervical en personas sanas y con trastornos temporomandibulares durante la masticación y el rechinar dentario

La presente tesis se basa en las siguientes investigaciones experimentales:

Artículo original 1.

Fuentes AD, Miralles R, Santander H, Gutiérrez MF, Bull R, Martin C. Effect of natural mediotrusive contact on electromyographic activity of jaw and cervical muscles during chewing. *Acta Odontol Scand*. 2015; 73(8):626-32.

DOI: 10.3109/00016357.2015.1030767

Artículo original 2.

Fuentes AD, Martin C, Bull R, Santander H, Gutiérrez MF, Miralles R. Natural mediotrusive contact: does it affect the masticatory and neck EMG activity during tooth grinding? *Cranio*. 2015. Dec 29:1-7. Epub ahead of print.

DOI: 10.1179/2151090315Y.00000000025

Artículo original 3.

Fuentes AD, Sforza C, Miralles R, Ferreira CL, Mapelli A, Lodetti G, Martin C. Assessment of electromyographic activity in patients with temporomandibular disorders and natural mediotrusive occlusal contact during chewing and tooth grinding. *Cranio*. 2016. In press.

DOI: 10.1080/08869634.2016.1173312

I. Summary

Influence of a natural mediotrusive occlusal contact on electromyographic activity of jaw and cervical muscles of healthy subjects and patients with temporomandibular disorders during chewing and tooth grinding

1. Introduction

The effect of a mediotrusive occlusal contact on muscular activity has been a topic of debate for decades and its clinical relevance is still unclear.

Dental occlusion has been studied from different perspectives, and in the later years of nineteenth century the principles of normal occlusion and malocclusion were established (Angle, 1899). However, the complexity to find the particular contribution of each occlusal disturbance is difficult, due to a close relationship with other structures of the stomatognathic system (as neuromuscular system and temporomandibular joints) and the intrinsic subject's variability, demonstrating, for example in their adaptability capacity, among others.

This is more complex when trying to link the occlusal disturbances and the presence of temporomandibular disorders (TMD), because the latter have a multifactorial etiology, providing that a number of risk factors interact at the individual level and determine the onset of clinical signs and symptoms (Greene, 2001).

In order to obtain relevant information that help to explain in part this phenomena, the electromyography (EMG) was the tool chosen because is the most objective and reliable technique for evaluating muscle function and efficiency by detecting their electrical potentials. It makes it possible to assess the extent of muscle activity during function and parafunction (Woźniak et al., 2013).

2. Hypothesis

The presence of a natural mediotrusive occlusal contact does not change the electromyographic patterns and the asymmetry indices of anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles during chewing and tooth grinding in healthy subjects. For its part, this occlusal feature does not change the electromyographic patterns and muscular coordination in patients with temporomandibular disorders.

3. Objectives

3.1 General objective.

To evaluate the bilateral electromyographic activity patterns and the coordination indices of anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles, in patients with temporomandibular disorders with and without a natural mediotrusive occlusal contact and healthy subjects without a natural mediotrusive occlusal contact , during chewing and tooth grinding.

3.2. Specific objectives

1. To evaluate the presence of differences in electromyographic activity patterns between healthy subjects with and without natural mediotrusive occlusal contact in the working side and in the non-working side, during cookie and apple chewing in anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles (Study 1).
2. To evaluate the presence of differences in electromyographic activity patterns in healthy subjects with and without natural mediotrusive occlusal contact between working side and non-working side, during cookie and apple chewing in anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles (Study 1).
3. To evaluate the presence of differences in asymmetry indices between healthy subjects with and without natural mediotrusive occlusal contact during cookie and apple chewing in anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles (Study 1).
4. To evaluate the presence of differences in electromyographic activity patterns between healthy subjects with and without natural mediotrusive occlusal contact in the working side and in the non-working side, during eccentric and concentric tooth grinding in anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles (Study 2).
5. To evaluate the presence of differences in electromyographic activity patterns in healthy subjects with and without natural mediotrusive occlusal contact between working side and non-working side, during eccentric and concentric tooth grinding in anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles (Study 2).

6. To evaluate the presence of differences in asymmetry indices between healthy subjects with and without natural mediotrusive occlusal contact during eccentric and concentric tooth grinding in anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles (Study 2).
7. To evaluate the presence of differences in electromyographic activity patterns between patients with temporomandibular disorders with and without natural mediotrusive occlusal contact and healthy subjects without natural mediotrusive occlusal contact in the working side and in the non-working side, during cookie and apple chewing, and eccentric and concentric tooth grinding in anterior temporalis, masseter and sternocleidomastoid muscles (Study 3).
8. To evaluate the presence of differences in electromyographic activity patterns in patients with temporomandibular disorders with and without natural mediotrusive occlusal contact and healthy subjects without natural mediotrusive occlusal contact, between working side and non-working side, during cookie and apple chewing, as well as between chewing tasks and between grinding tasks in anterior temporalis, masseter and sternocleidomastoid muscles (Study 3).
9. To evaluate the presence of differences in muscular coordination indices between patients with temporomandibular disorders with and without natural mediotrusive occlusal contact and healthy subjects without natural mediotrusive occlusal contact, during eccentric and concentric tooth grinding in anterior temporalis and masseter muscles (Study 3).
10. To set the amount of muscular co-contraction of the sternocleidomastoid muscles during maximum voluntary clenching in intercuspal position, in patients with temporomandibular disorders with and without natural mediotrusive occlusal contact and healthy subjects without natural mediotrusive occlusal contact (Study 3).

4. Results

4.1 Study 1

The comparison of normalized EMG activity between healthy subjects with natural mediotrusive occlusal contact and healthy subjects without natural mediotrusive occlusal contact showed no significant differences in anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles in working and non-working sides, during cookie and apple chewing.

The comparison of EMG activity from anterior temporalis muscle between working and non-working sides in healthy subjects with natural mediotrusive occlusal contact and healthy subjects without a natural mediotrusive occlusal contact during both chewing tasks showed no significant difference. The comparison of EMG activity from sternocleidomastoid muscle between the working and the non-working sides in healthy subjects with natural mediotrusive occlusal contact showed no significant difference, whereas significant differences were observed for healthy subjects without natural mediotrusive occlusal, showing a higher activity on the working side than the non-working side during cookie and apple chewing.

For asymmetry indices, comparisons between healthy subjects with natural mediotrusive occlusal contact and healthy subjects without natural mediotrusive occlusal contact during both chewing tasks showed no significant difference in the partial and total asymmetry indices during cookie and apple chewing.

4.2 Study 2

The comparison of EMG activity between healthy subjects with a natural mediotrusive occlusal contact and healthy subjects without natural mediotrusive occlusal contact showed no significant differences in anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles in working and non-working sides, during eccentric or concentric grinding.

The comparison of EMG activity from anterior temporalis muscle between working and non-working sides showed a higher EMG activity in the working side than the non-

working side in healthy subjects with natural mediotrusive occlusal contact during concentric grinding, whereas no difference was observed in healthy subjects without natural mediotrusive occlusal contact. EMG activity of sternocleidomastoid muscles showed no differences when comparing groups or sides.

The comparison of asymmetry indices between healthy subjects with natural mediotrusive occlusal contact and healthy subjects without natural mediotrusive occlusal contact showed no significant difference in the partial and total asymmetry indices during eccentric and concentric tasks.

4.3 Study 3

The comparison of mean standardized EMG activity between patients with temporomandibular disorders with and without natural mediotrusive occlusal contact and healthy subjects without a natural mediotrusive occlusal contact from anterior temporalis, masseter and sternocleidomastoid muscles during chewing and grinding tasks on both sides showed no significant differences.

During chewing tasks, a higher EMG activity was found in the working side than in the non-working side for anterior temporalis and masseter muscles. Patients with temporomandibular disorders and natural mediotrusive occlusal contact showed these differences during both chewing tasks and in both muscles; patients with temporomandibular disorders and without natural mediotrusive occlusal contact showed differences during chewing of apple in both muscles; and healthy subjects without natural mediotrusive occlusal contact showed the differences during chewing of cookie only in masseter muscles and during chewing of apple in both muscles. Sternocleidomastoid muscles showed no differences between sides in all groups.

During grinding tasks, masseter muscles showed a higher EMG activity in the working side than in the non-working side in all groups during eccentric grinding. In addition, patients with temporomandibular disorders and without natural mediotrusive occlusal contact showed this difference during concentric grinding. No significant differences were observed in anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles during grinding tasks.

During chewing tasks higher EMG activity was found during chewing of cookie than during chewing of apple. In patients with temporomandibular disorders and with a natural mediotrusive occlusal contact, anterior temporalis and masseter muscles showed this difference on both sides. In patients with temporomandibular disorders and without a natural mediotrusive occlusal contact, the difference was found in anterior temporalis muscles in the non-working side, and in masseter muscles on both sides. In healthy subjects without a natural mediotrusive occlusal contact, these differences were observed in all muscles on both sides. An exception was found in patients with temporomandibular disorders and without a natural mediotrusive occlusal contact: sternocleidomastoid muscles in the non-working side had higher activity during chewing of apple than during chewing of cookie.

During grinding tasks the results showed no significant differences in anterior temporalis and masseter muscles, except in patients with temporomandibular disorders and with a natural mediotrusive occlusal contact, where anterior temporalis muscles in the working side had higher activity during eccentric grinding compared with concentric grinding. Sternocleidomastoid showed these differences in all groups and both sides, except in patients with temporomandibular disorders and with natural mediotrusive occlusal contact in the non-working, where there was no significant difference.

Percentage of overlapping, torque and antero-posterior coefficients comparisons between groups showed no significant differences. In most cases, values of symmetry, balance and absence of lateral jaw displacing were high in all groups.

Co-contraction of the sternocleidomastoid muscles during maximum voluntary clenching in intercuspal position (cervical load) for all groups was between 14.09% and 20.13%.

5. Conclusions

1. The EMG pattern of the anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles was similar between healthy subjects with and without a natural mediotrusive occlusal contact, during cookie and apple chewing.
2. EMG activity of the anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles was higher in the working side than in the non-working side in some chewing tasks, in healthy subjects with and without a natural mediotrusive occlusal contact.
3. The asymmetry indices were similar between healthy subjects with and without a mediotrusive contact in anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles during cookie and apple chewing.
4. The EMG pattern of the anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles was similar between healthy subjects with and without a natural mediotrusive occlusal contact, during eccentric and concentric grinding.
5. EMG activity of the anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles was higher in the working side than in the non-working side in some grinding tasks, in healthy subjects with and without natural mediotrusive occlusal contact.
6. The asymmetry indices in anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles were similar between healthy subjects with and without a mediotrusive contact during eccentric and concentric grinding.
7. The EMG pattern of the anterior temporalis, masseter and sternocleidomastoid muscles was similar between patients with temporomandibular disorders with and without a natural mediotrusive occlusal contact and healthy subjects without natural mediotrusive occlusal contact, in working and non-working side during chewing and grinding.
8. In general, the EMG activity of the anterior temporalis and masseter muscles was higher in the working side than in the non-working side during chewing. During tooth grinding these differences were observed only in the masseter muscle, while sternocleidomastoid muscles did not show differences during chewing and grinding. In general, EMG activity between chewing tasks was higher during cookie than apple chewing, whereas between grinding tasks for anterior temporalis and masseter

muscles was similar. On the other hand, sternocleidomastoid muscles showed a higher EMG activity during eccentric grinding.

9. Muscular coordination indices in the anterior temporalis and masseter showed high degree of symmetry, muscular balance and absence of jaw displacement in TMD patients and healthy subjects during grinding.

10. The level of co-contraction of sternocleidomastoid muscles during maximal voluntary clenching in intercuspal position did not show high values in TMD patients with and without natural mediotrusive occlusal contact and healthy subjects without natural mediotrusive occlusal contact.

11. According to the outcomes in a population of TMD patients and healthy subjects, the contribution of an occlusal mediotrusive contact in the change of EMG pattern, as well as in the muscle coordination is minor. This suggests a predominance of central nervous control over peripheral inputs, as a natural mediotrusive occlusal contact, in anterior temporalis, masseter and sternocleidomastoid motor neuron pools. Therefore for all these reasons, the elimination of this occlusal feature for therapeutic purposes could be not indicated.

II. Introducción

El estado de los dientes, así como su alineación y contactos han sido una preocupación del ser humano desde tiempos remotos, no solamente desde el punto de vista de la salud, sino también en la búsqueda de la belleza. Existe información de que ya en el año 3000 a.C. en Egipto se realizaban procedimientos para mantener y embellecer los dientes, lo mismo fue ocurriendo en la cultura babilónica, griega, etrusca y maya, entre otras (Soria-Hernández, 2010; Ramírez, 2012).

No fue hasta el año 1728 que la odontología se situó en el plano científico, gracias al trabajo publicado por el médico francés Pierre Fauchard (1728), introduciendo grandes contribuciones e innovaciones, describiendo enfermedades, instrumental quirúrgico, operaciones a realizar y consejos de higiene; por lo que es considerado el padre de la odontología moderna.

Luego, a partir de 1850 se publicaron los primeros tratados que hablaban sistemáticamente del tratamiento para alinear los dientes, siendo el más notable *Oral Deformities* de Norman Kingsley (1880). Sin embargo sus coetáneos prestaron muy poca atención a la oclusión dental, dado que las extracciones dentales eran una práctica habitual para tratar muchos problemas odontológicos, no dándosele importancia a los detalles de las relaciones oclusales. En un principio, la oclusión se encontraba destinada a su aplicación a las prótesis dentales (Proffit y cols., 2014). No fue hasta el año 1890 que Edward Angle desarrolló conceptos de oclusión aplicados a la dentición natural, permitiendo el avance de la ortodoncia como una especialidad aparte de la prostodoncia, clasificando las maloclusiones (Angle, 1899) y describiendo, por ejemplo, la curvatura de la línea oclusal, las maloclusiones y la relación molar (Angle, 1900). A principios del siglo XX, una vez definidos los conceptos de oclusión normal, evolucionó el tratamiento de la maloclusión, que se definió como cualquier desviación con respecto al esquema oclusal ideal descrito por Angle.

A medida que avanzó el tiempo, durante el siglo XX surgieron distintas escuelas de oclusión, que poseían diferentes enfoques respecto a las posiciones de los dientes, sus contactos, la dinámica mandibular y la posición condilar. Cabe señalar que sus fundadores no eran científicos, sino más bien clínicos inquietos que se basaban principalmente en sus observaciones empíricas (Firmani y cols., 2013). No fue hasta aproximadamente los años 60 donde comenzó a tomar fuerza una nueva forma de replantearse la manera de solucionar los problemas clínicos, surgiendo el concepto de

medicina basada en la evidencia, de donde derivó la odontología basada en la evidencia; publicándose en el año 1995 el primer artículo de odontología basada en la evidencia propiamente tal (Richards & Lawrence, 1995).

El avance tecnológico y este nuevo enfoque permitieron mejorar el estudio y la comprensión de la oclusión dentaria, con fines clínicos y de investigación. Ash y Ramfjord (1996) indicaron que los criterios estéticos y anatómicos descritos clásicamente, poco se relacionan con la estabilidad funcional y la armonía neuromuscular. Surgieron estudios (Luther, 2007; Mackie & Lyons, 2008) que asociaron la morfología de los distintos tipos de maloclusión con la presencia de trastornos temporomandibulares (TTM), entre ellos los contactos mediotrusivos. Asimismo, se ha señalado que para una oclusión óptima, una recomendación clínica básica es que durante el movimiento laterotrusivo debe existir una guía de contacto que permita una desoclusión inmediata del lado mediotrusivo (Hudson, 2011; Okeson, 2013). En contraste, otros autores han señalado que esta característica oclusal no tiene una relación directa en el origen o establecimiento de los TTM (De Boever y cols., 2000).

Por su parte, son escasos los estudios que a través de registros electromiográficos han explorado como este contacto oclusal natural afecta la musculatura (Nishigawa y cols., 1997; Marklund & Wänman, 2000), no encontrándose aún una respuesta definitiva en relación a la influencia del contacto mediotrusivo natural en la actividad muscular mandibular y cervical de los sujetos sanos y de los afectados por TTM.

Con el fin de contribuir a dilucidar esta disyuntiva y profundizar el conocimiento al respecto, se tratarán en la siguiente revisión de la literatura las temáticas relacionadas con:

- Los aspectos generales de la oclusión dentaria y el contacto mediotrusivo,
- La fisiología del control motor y la contracción muscular,
- La función masticatoria y el rechinar dentario,
- La etiología y prevalencia de los trastornos temporomandibulares, como también su relación con la oclusión dentaria,
- La electromiografía de superficie como herramienta experimental y su utilización para el estudio de la función masticatoria, el rechinar dentario y los trastornos temporomandibulares.

III. Revisión de la literatura

1. Oclusión dentaria y contacto mediotrusivo

1.1 Conceptos y definiciones

El establecer una oclusión ideal ha sido por mucho tiempo un requerimiento para realizar diagnósticos efectivos y/o evaluar los resultados de los distintos tipos de tratamientos realizados en los pacientes. La manera habitual de aproximarse al tema es la derivada de los trabajos publicados a principios del siglo XX por Angle (1900) y posteriormente por Andrews (1972, 1989), enfocados en las relaciones anatómicas específicas de los dientes y los arcos dentarios. Es generalmente aceptado que una relación oclusal estática ideal es compatible con una oclusión funcional ideal (Andrews, 1976; Roth, 1976), pero esto no es necesariamente así (Tipton & Rinchuse, 1991). Además, en la literatura existe una confusión considerable respecto al término de oclusión dentaria, debido al excesivo número de definiciones y su diferente interpretación.

Según el diccionario de odontología de Jablonski (1992), utilizado en los encabezamientos de temas médicos (Medical Subject Headings, MeSH), se define la oclusión dental como la relación de todos los componentes del sistema masticatorio en función normal. Ésta hace una especial referencia a la posición y contacto de los dientes maxilares y mandibulares para la mayor eficiencia durante los movimientos excursivos de la mandíbula, que son esenciales para la masticación.

Es importante entonces establecer que esta relación tiene un carácter funcional y que además posee una estrecha relación con la actividad neuromuscular y la anatomía de las articulaciones temporomandibulares (ATM). Gracias a esto, es posible estudiarla desde el punto de vista estático (posición intercuspal, máxima intercuspidad o oclusión céntrica) o dinámico (guías de desoclusión). Por esto, algunos autores hacen una distinción terminológica, siendo *oclusión* cada contacto estático entre uno o más dientes inferiores con uno o más dientes superiores, y refiriéndose como *oclusión funcional* los contactos oclusales de los dientes maxilares y mandibulares durante la función, por ejemplo, durante la masticación y la deglución (Clark & Evans, 2001).

Asimismo, existen múltiples conceptos para nominar los lados al realizar un movimiento mandibular lateral. En la literatura, el lado hacia el cual la mandíbula se

mueve se llama laterotrusivo, de trabajo o de funcionamiento; mientras que el otro lado es llamado mediotrusivo, no trabajo, balance o de no funcionamiento (Marklund & Wänman, 2000).

Los movimientos realizados por la mandíbula generan laterotrusión/mediotrusión de uno o del otro lado, los cuales pueden ser a su vez movimientos activos o pasivos. Los movimientos activos son generados por el sujeto, que es la fuente de energía cinética. Los movimientos pasivos son generados por el examinador, donde se recibe una fuente extrínseca de energía cinética. Este movimiento de laterotrusión/mediotrusión, puede ser también un movimiento libre o forzado. Los movimientos forzados son ejecutados con contacto entre los dientes maxilares y mandibulares, donde uno o más dientes maxilares se deslizan sobre uno o más dientes mandibulares. Durante el movimiento, las áreas de contacto de los dientes opuestos están constantemente cambiando siendo un fenómeno dinámico, en contraste con el fenómeno estático de la oclusión dental con áreas de contacto constantes. En otras palabras, los movimientos forzados son mecánicamente guiados por las superficies que se contactan entre los dientes opuestos. Los movimientos libres no son guiados por contactos dentarios, sino que por la anatomía y fisiología de las ATM, músculos mandibulares y los tejidos blandos contiguos (Christensen y cols., 1996).

De acuerdo con el glosario de términos protésicos (The Academy of Prosthodontics, 2005), los contactos oclusales del lado de no trabajo son definidos como los contactos de los dientes en el lado opuesto al lado hacia el cual la mandíbula se mueve. Mientras que una interferencia en el lado de no trabajo es un contacto no deseado de las superficies oclusales opuestas en el lado de no trabajo. En las investigaciones relacionadas con la oclusión dental, no siempre se realiza una clara distinción entre los contactos mediotrusivos y las interferencias mediotrusivas (De Boever y cols., 2000), siendo ambos conceptos utilizados como sinónimos, dificultando su discriminación a la hora de evaluar artículos científicos.

Los contactos mediotrusivos han sido considerados muy comunes dentro de la población normal (Abduo y cols., 2013). De acuerdo con una revisión (Marklund & Wänman, 2000), el valor medio de prevalencia de estos contactos fue de 35% (0-97%); por su parte, el valor medio de la prevalencia de interferencias en el lado mediotrusivo fue de 16% (0-77%). Esta gran variabilidad se puede deber a las distintas técnicas de

registro y a la población estudiada. Diferentes estudios han comprobado que los contactos oclusales mediotrusivos son muy comunes en la población europea y americana (Ingervall, 1972; Rinchuse & Sassouni, 1983).

1.2 Implicación clínica

El rol que juegan los distintos contactos oclusales durante un movimiento mandibular laterotrusivo y su influencia en el sistema estomatognático es contradictorio.

Okeson (2013) señala que los contactos mediotrusivos son percibidos de manera diferente que otros tipos de contactos por el sistema nervioso central y debiesen ser evitados para brindar una oclusión funcional óptima. Esto está de acuerdo con el concepto de oclusión mutuamente protegida propuesta por Schuyler en los años cincuenta (Schuyler, 1953). Se ha reportado que los contactos mediotrusivos pueden provocar cambios en la activación de la musculatura mandibular, sugiriendo una alteración en el patrón de coordinación muscular (Mizutani y cols., 1989; Nishigawa y cols., 1997). Por ésta y otras razones, algunos autores le han atribuido un riesgo potencial, recomendando su eliminación (Dawson, 1989; Kirveskari y cols., 1998; Kim y cols., 2005). Sin embargo, otros autores sugieren que este tipo de contactos no causan mayores problemas (Ogawa y cols., 1998; De Boever y cols., 2000) y que incluso pueden ser más protectores que perjudiciales para el sistema estomatognático (Minagi y cols., 1990).

Por otro lado, algunos autores han relacionado los contactos mediotrusivos con dolor durante el movimiento mandibular y sensibilidad muscular a la palpación (Molin y cols., 1976; Henrikson y cols., 1997), mientras que otros reportaron que los signos y síntomas de disfunción mandibular no eran dependientes de los contactos mediotrusivos (De Laat y cols., 1986; Egermark-Eriksson y cols., 1987).

2. Fisiología del control motor

2.1 Sistema motor y fibras musculares

El control motor es una tarea fundamental del sistema nervioso y, desde una perspectiva evolutiva, es probablemente la razón por la que surgió el sistema nervioso. No sorprende que gran parte del sistema nervioso esté dedicado al control motor, que puede definirse como la generación de señales para coordinar la contracción de los músculos del cuerpo y la cabeza, para mantener la postura o para realizar un movimiento (Koeppen & Stanton, 2009).

El sistema nervioso central regula las demandas internas y externas del movimiento humano a través de una organización de tipo jerárquica. La máxima jerarquía es la corteza cerebral, donde los comandos para el movimiento voluntario se originan en las áreas de asociación cortical. Los movimientos se planean en la corteza y en los núcleos de la base, así como en las porciones laterales de los hemisferios cerebrales. Los núcleos de la base y el cerebelo emiten información que confluye en la corteza premotora y en la motora a través del tálamo. Los comandos motores relevan por los haces corticoespinales hasta la médula espinal y los haces corticobulbares a las neuronas motoras del tallo encefálico (Barrett y cols., 2013). El tracto corticoespinal provee un control cortical directo sobre la actividad muscular y la generación de fuerza a través de la alfa (α) motoneurona, siendo esta última la vía final de todas las entradas descendentes y reflejas.

La unidad motora está compuesta por la α motoneurona y las fibras musculares que ella inerva. El soma de la motoneurona se localiza en el asta ventral de la medula espinal. En el caso de las *unidades motoras trigeminales* el soma se encuentra en el núcleo motor del trigémino

El número de fibras musculares en una unidad motora (número de inervación) varía dependiendo del tipo muscular y de su función. En aquellos músculos que realizan movimientos finos, graduados y precisos, la cantidad de fibras musculares que inerva una α motoneurona es pequeña, como por ejemplo el músculo recto lateral del ojo, en el cual una α motoneurona inerva 5 fibras musculares o el músculo tensor del tímpano, donde una α motoneurona inerva 8 fibras musculares. Por otro lado, puede haber más

de 1500 fibras musculares por unidad motora, como es el caso del músculo gastrocnemio medial en el que una α motoneurona inerva 1800 fibras musculares (Kandel y cols., 2013).

Las unidades motoras pueden clasificarse en general, de acuerdo a sus propiedades fisiológicas, como la duración de contracción y resistencia a la fatiga, en tres tipos: tipo I (S, Slow-twitch, resistente a la fatiga, lentas), tipo IIa (FR, fast-twitch, fatigueresistente, resistentes a la fatiga, rápidas,) y tipo IIb o IIx (FF, fast-twitch, fatigable, muy rápidas). Las unidades motoras tipo I presentan un metabolismo oxidativo, no trabajando bien en condiciones isquémicas o de baja cantidad de oxígeno. La actividad ATPasa de la miosina es lenta, con fibras de color rojo con alto contenido de mioglobina y mitocondrias, mucho ATP, muy resistentes a la fatiga, tienen diámetro de fibra y tamaño de unidad motora pequeño, generan poca fuerza. Las motoneuronas α reclutadas presentan un bajo umbral, con axones de pequeño diámetro y las fibras musculares que inervan generan bajos niveles de fuerza, siendo muy adecuadas para la postura. Las unidades motoras tipo IIb-IIx realizan metabolismo glucolítico, trabajan bien en condiciones isquémicas o de baja cantidad de oxígeno, presentan mucha actividad ATPasa de la miosina, con fibras pálidas con poca mioglobina y menor cantidad de mitocondrias, tienen un diámetro grande de fibra y de tamaño de unidad motora. Las motoneuronas α reclutadas presentan un alto umbral, con axones de gran diámetro y las fibras musculares que inervan se fatigan muy rápidamente pero generan altos niveles de fuerza, por lo que son ideales para situaciones de exigencia. Finalmente, las unidades motoras tipo IIa presentan un metabolismo oxidativo y glucolítico, poseen fibras rojas y de características intermedias en cuanto a su diámetro y resistencia a la fatiga (entre otras) respecto a las unidades motoras tipo I y tipo IIb-IIx. Las motoneuronas alfa reclutadas presentan un umbral intermedio, con axones de diámetro intermedio y las fibras musculares que inervan generan niveles intermedios de fuerza, fatigándose más lento que las tipo IIb-IIx pero más rápido que las tipo I (Merletti & Parker, 2004; Fox, 2011; Kandel y cols., 2013).

No es correcta la afirmación de que una motoneurona inerva fibras musculares con un solo tipo de isoforma de cadena pesada de miosina, esto debido a que las fibras musculares contienen muchos núcleos y por lo tanto, estos núcleos pueden expresar diferentes isoformas de miosina (Kwa y cols., 1995; van Eijden & Turkawski, 2001).

Es importante precisar que la composición de los distintos tipos de fibras de los músculos mandibulares es muy diferente a la de los músculos del tronco y las extremidades (Korfage y cols., 2005). Además de las fibras lentas (tipo I) y rápidas (tipo II), los músculos mandibulares contienen tipos de fibras que son típicas durante el desarrollo o en el músculo cardíaco. Otra característica destacable es que muchas fibras son híbridas (por ejemplo, tipo I+IIx, o tipo IIa+IIx). En el tronco y extremidades, las fibras híbridas se cree que son las que están en la transición de un tipo de fibra a otro, puesto que están en su mayoría en los músculos sometidos a un uso extremo o por el contrario, en desuso (Klitgaard y cols., 1990), además de encontrarse en fibras que se están regenerando (Pette y cols., 2002). Esto es muy diferente de lo que ocurre en los músculos elevadores de la mandíbula, ya que estas fibras se encuentran en abundancia (Korfage y cols., 2000; 2001).

La relación entre el tamaño de la fibra y su tipo es también diferente en las fibras de los músculos mandibulares. Las fibras tipo II de los músculos mandibulares poseen una menor área de sección transversal que las tipo I, mientras que en el tronco y las extremidades ocurre lo inverso. Puesto que las fibras híbridas tienen propiedades contráctiles que difieren de las fibras puras, esta alta cantidad de fibras híbridas proporciona un mecanismo que produce una muy fina gradación de la fuerza y de los movimientos. La presencia de las fibras híbridas puede también reflejar la capacidad adaptativa de las fibras de los músculos mandibulares (Korfage y cols., 2005).

2.1.1 Tipos de contracción muscular

Tres tipos de contracción son descritos frecuentemente en la literatura: Concéntrica, excéntrica e isométrica.

Una contracción concéntrica produce un acortamiento de la longitud muscular. Cuando el músculo se contrae concéntricamente, la distancia entre las líneas Z disminuye, las bandas I y H desaparecen pero el ancho de la banda A no se modifica. Este acortamiento de los sarcómeros no es producido por el acortamiento de los filamentos de actina y miosina, sino que por el deslizamiento de los filamentos de actina sobre los filamentos de miosina, lo cual tracciona y aproxima las líneas Z (teoría del desplazamiento de filamentos). A nivel macro, cuando un músculo se contrae,

arrastra sus puntos de inserción. Un músculo hace un trabajo positivo cuando al contraerse, sus puntos de unión se mueven en la misma dirección de la fuerza muscular. La fuerza muscular y el desplazamiento en el punto de inserción muscular están en la misma dirección. El músculo se acorta y la contracción muscular en este caso es de tipo concéntrica.

Una contracción excéntrica produce un alargamiento de la longitud muscular. En este caso, un músculo hace un trabajo negativo cuando al contraerse sus puntos de unión se mueven en la dirección opuesta de la fuerza muscular. La fuerza muscular y el desplazamiento en el punto de inserción muscular están en direcciones opuestas. El músculo se estira, y la contracción muscular es de tipo excéntrica.

No todas las contracciones musculares producen trabajo mecánico. Un músculo puede contraerse y hacer trabajo mecánico cero. Esto ocurre cuando un músculo se contrae y sus puntos de unión no se mueven el uno respecto al otro. El desplazamiento en el punto de inserción muscular es cero. La longitud del músculo se mantiene sin cambios, y la contracción muscular es de tipo isométrica (Dutton, 2012; McGinnis, 2013).

2.2 Fenómenos eléctricos y mecánicos de la contracción muscular esquelética

2.2.1 Fenómenos eléctricos

El impulso eléctrico propagado a través de la motoneurona α llega al terminal sináptico y produce la apertura de canales de Ca^{++} dependientes de voltaje. La entrada de dicho ion permite la fusión, migración y exocitosis del neurotransmisor *acetilcolina* desde las terminaciones hacia el espacio o hendidura sináptica. Una vez allí, la acetilcolina se une a los receptores nicotínicos ubicados en la membrana post-sináptica. Este receptor es un complejo formado por cinco subunidades proteicas, dos proteínas alfa, una beta, una delta y una gamma. Estas proteínas se disponen en círculo formando un canal tubular que permanece cerrado hasta que dos moléculas de acetilcolina se unen respectivamente a las dos unidades proteicas alfa. Esto produce un cambio en su conformación que activa y abre el canal. El canal activado por acetilcolina es un canal catiónico inespecífico para iones monovalentes (Na^+ , K^+) que permite simultáneamente la entrada Na^+ y la salida de K^+ , pero debido a la diferencia de sus gradientes

electroquímicos en reposo, es principalmente el Na^+ el que fluye al interior de la fibra, lo que provoca un cambio de potencial postsináptico positivo excitatorio local en la membrana de la fibra muscular hasta 50 a 75 mV, generando el denominado *potencial de placa terminal* (PPT), el cual es aproximadamente tres veces mayor que el necesario para estimular la fibra nerviosa, por lo que se dice que la unión neuromuscular tiene un elevado factor de seguridad, produciéndose la génesis del potencial de acción en la superficie de la fibra muscular. Luego de su liberación, la acetilcolina es hidrolizada por la enzima acetilcolinoesterasa convirtiéndola en colina y acetato. El terminal presináptico recapta la colina a través de un mecanismo de co-transporte con Na^+ y junto con la molécula acetyl coenzima A, la enzima colinacetiltransferasa une ambas moléculas permitiendo que se vuelva a sintetizar acetilcolina.

Para que se produzca una contracción muscular máxima, es necesario que la corriente llegue a las zonas profundas de la fibra muscular hasta la vecindad de las miofibrillas individuales, lo cual se logra mediante la transmisión de los potenciales de acción a lo largo de los túbulos transversos (túbulos T), que penetran a lo largo de toda la fibra muscular desde un extremo de la fibra hasta el otro (Hall, 2011). La asociación formada por un túbulo T y dos cisternas terminales afrontadas es conocida como *tríada*.

Cuando el potencial de acción alcanza al túbulo T, el cambio de voltaje es detectado por receptores de dihidropiridina (DHPR) ubicados en la membrana del túbulo T. El DHPR presenta una estrecha relación física de acoplamiento electromecánico con otro receptor ubicado en la cisterna del retículo sarcoplásmico llamado receptor de rianodina (RYR), por lo que al ingresar el potencial de acción por el túbulo T, el DHPR lo capta y sufre un cambio en su conformación, interactuando con el RYR, el que a su vez desencadena la liberación de Ca^{++} desde las cisternas terminales del retículo sarcoplásmico hacia el mioplasma que determina la respuesta de contracción muscular (Koeppen & Stanton, 2009).

2.2.2 Fenómenos mecánicos

En condiciones de reposo, la cabeza de la proteína globular miosina no puede interactuar con la actina, debido a que la troponina I se une con la actina y la tropomiosina está obliterando el lugar de unión donde las cabezas de la miosina interactúan con la actina. El aumento del Ca^{++} citosólico provoca que este Ca^{++} libre se una a la troponina C, lo cual produce un cambio conformacional que induce el debilitamiento de la interacción de la troponina I con la actina y un cambio conformacional de la tropomiosina, lo cual expone el sitio de unión de la actina para la miosina, a fin de permitir la formación de puentes cruzados de actina-miosina. Al formarse el puente, se libera fosfato inorgánico (Pi) lo que induce un cambio en la conformación de la cabeza de la miosina, que mueve el filamento delgado sobre el filamento grueso. Este movimiento acorta la longitud del sarcómero y determina así la contracción de la fibra muscular, fenómeno conocido como golpe de fuerza (power-stroke). Durante la trayectoria del golpe de fuerza se produce la salida de adenosin difosfato (ADP) y esto permite la entrada de adenosin trifosfato (ATP) en el sitio libre de la miosina, haciendo que la cabeza de la miosina pierda afinidad por el filamento delgado. El ATP se hidroliza parcialmente en Pi y ADP y parte de la energía se utiliza para recolocar la cabeza y recuperar el estado de reposo. Siempre que el Ca^{++} permanezca elevado y se disponga de ATP suficiente, este ciclo se repite. Muchas cabezas de miosina realizan el ciclo casi al mismo tiempo y los ciclos se repiten, lo que produce la contracción muscular macroscópica. Cada golpe de fuerza acorta el sarcómero unos 10 nm. Cada filamento grueso tiene cerca de 500 cabezas de miosina, y cada cabeza realiza cerca de cinco ciclos por segundo durante una contracción rápida (Barrett y cols., 2013; Koeppen & Stanton, 2009).

En ausencia de potencial de acción en el túbulo T, el RYR (canal de calcio) se cierra, por lo cual deja de salir Ca^{++} al citoplasma y los niveles Ca^{++} libre disminuyen a sus valores basales, debido a que en el retículo sarcoplasmático en su zona longitudinal existen bombas de Calcio, que a expensas de la hidrólisis del ATP captan el Ca^{++} del citosol y lo llevan contra gradiente al interior del retículo sarcoplásmico.

3. Función masticatoria

3.1 Fisiología de la masticación

La masticación es la primera etapa de la digestión e involucra una serie de procesos motores (Yamada y cols., 2005). Su objetivo principal es la formación del bolo alimenticio, el cual es obtenido por la mezcla de las partículas alimenticias con la saliva y los fluidos provenientes del interior de los alimentos (Hoebler y cols., 1998).

Después del ingreso del alimento a la boca, éste es transportado hacia las superficies oclusales de los dientes posteriores (Etapa de transporte I). Entonces el alimento es procesado por una serie de ciclos masticatorios necesarios para triturar y ablandar los alimentos (Etapa de procesamiento del alimento). Cuando el alimento está listo para ser deglutido, es impulsado posteriormente hacia la orofaringe (Etapa de transporte II) (Pereira y cols., 2006).

La masticación es una actividad motora repetitiva regulada por redes neuronales ubicadas en el tronco del sistema nervioso central. Estas redes neuronales se denominan “generador central de patrones de la masticación” (GCP) y se encuentra subdividido en generadores rítmicos y componentes generadores de descargas (Lund, 1991; Nakamura y cols., 2004). Este GCP compromete grupos de neuronas que pueden producir movimientos masticatorios incluso cuando se encuentran aisladas de otras estructuras cerebrales o estímulos sensoriales periféricos, lo cual demuestra que ni las aferencias de los husos neuromusculares o las aferencias periodontales son esenciales para la actividad rítmica básica de los patrones de la masticación (Morimoto y cols., 1989). El GCP puede activarse por la acción de los centros superiores o por estímulos intraorales (Lund, 1976).

La región de la corteza cerebral que induce los movimientos rítmicos de la mandíbula se denomina *área masticatoria cortical*. Las aferencias que descienden desde el área masticatoria cortical son consideradas la principal fuente de generación y activación del GCP (Nakamura & Katakura, 1995). La actividad de las neuronas de la corteza masticatoria es mayor durante la ingestión que durante la masticación, lo cual sugiere que la corteza masticatoria presenta su principal rol en establecer los parámetros de la primera mordida (Lund & Kolta, 2006). También puede contribuir a la modulación

continúa del patrón evocado por el GCP, dependiendo de la resistencia del alimento encontrada en las mordidas previas (Türker, 2002). Durante la estimulación cortical, el GCP produce ciclos estereotipados de apertura y cierre mandibular, mientras que durante masticación natural, las trayectorias de movimiento de los consecutivos ciclos masticatorios varían considerablemente (Lund, 1991).

Existe adaptación de la información de salida del GCP dependiendo de la dureza de los alimentos, existiendo evidencia sobre la presencia de dos grupos específicos de aferencias sensitivas (los husos neuromusculares y los mecanorreceptores periodontales), que proveen la retroalimentación relacionada con la dureza y que modifican la información de salida del GCP. Estas aferencias excitan muchas neuronas a través del tronco cerebral lateral, el cual descarga fásicamente durante la masticación, lo que sugiere que esta información es aumentada por la retroalimentación relacionada con la dureza del alimento (Lund & Kolta, 2006).

Se conoce ampliamente la existencia de un lado preferente para la realizar la función masticatoria, en la cual se desarrolla de manera consistente y predominante, pudiendo ser una expresión de comportamiento motivacional y/o sensomotor influenciado por factores periféricos (Pond y cols., 1986). Se ha demostrado con imagen por resonancia magnética funcional (IRMf) la relación existente entre el lado habitual de masticación y la dominancia hemisférica en la corteza sensomotora primaria, existiendo un aumento contralateral de las señales dependientes del nivel de oxigenación sanguínea (DNOS) durante los movimientos linguales (Shinagawa y cols., 2003) y apretamiento en posición intercuspal (Jiang y cols., 2010). Un estudio reciente (Jiang y cols., 2015) muestra que en sujetos con lado de preferencia masticatorio izquierdo o derecho durante la masticación rítmica, las señales DNOS dentro de la corteza sensomotora primaria contralateral fueron significativamente más activas que en la ipsilateral. Esto sugiere una relación entre la dominancia hemisférica contralateral y el lado preferido de masticación en las áreas de la corteza sensomotora primaria responsables de las actividades rítmicas masticatorias. El tronco encefálico y el cerebelo podrían también jugar un rol importante en la regulación del lado de preferencia masticatorio.

No sólo se ha estudiado con IRMf la actividad cerebral durante la masticación, sino también se ha utilizado para cuantificar la actividad global bilateral simultánea de los músculos masetero, pterigoideo medial y pterigoideo lateral durante la masticación

unilateral de chicle (Yamaguchi y cols., 2011), observándose tras cinco minutos de masticación que la mayor actividad fue encontrada en el músculo masetero ipsilateral, seguido por el pterigoideo medial ipsilateral, pterigoideo lateral contralateral y masetero contralateral.

3.2 Percepción y características de los alimentos

El cerebro humano es una red de más de 100 mil millones de células nerviosas individuales interconectadas en sistemas (circuitos nerviosos), que construyen nuestras percepciones del mundo externo, fijando nuestra atención y controlando nuestras acciones (Kandel y cols., 2013).

La percepción es el proceso mediante el cual la naturaleza y significado de los estímulos sensoriales son reconocidos e interpretados (MeSH). El caso de la percepción de los alimentos es un fenómeno complejo que depende de múltiples factores interrelacionados. Este proceso comienza antes de que el alimento ingrese a la cavidad bucal, a través de los sentidos de la visión, olfato (ortonasal) y audición, además de factores cognitivos como la anticipación o recuerdos que nos puedan evocar los alimentos (sistema límbico, hipotálamo, corteza). De esta manera se da comienzo a la fase cefálica de la secreción gástrica, que mediante el nervio vago ejerce un efecto directo sobre las células parietales del estómago. La fase cefálica proporciona aproximadamente el 30% de la secreción gástrica asociada a la ingestión de un alimento (Koeppen & Stanton, 2009; Hall, 2011).

Luego en la boca podremos agregar la información proveniente de la estimulación directa del alimento (fase oral), principalmente a través de los sentidos del gusto y olfato (retronasal), adquiriendo nuevamente relevancia las estructuras superiores, integrándose múltiples áreas corticales, las que permitirán la percepción del sabor (Shepherd, 2006).

Los factores físicos también juegan un rol preponderante en la percepción de los alimentos en la boca. Dentro de éstos tenemos los relacionados con los atributos físicos propiamente tal, como el tamaño, grosor, volumen, densidad y porosidad, por nombrar algunos. Por otra parte tenemos las características reológicas de los alimentos (Sahin & Sumnu, 2007).

Las características reológicas son definidas como las propiedades mecánicas resultantes de la deformación y del fluido del material en presencia de estrés. Dependiendo del grado de deformación se puede subdividir en elástico (Hookeano/no Hookeano) o inelástico (viscoelástico/viscoplastico), mientras que dependiendo del grado de fluidez puede subdividirse en plástico (Bingham/no Bingham) o viscoso (Newtoniano/no Newtoniano) (Sahin & Sumnu, 2007). Para los alimentos sólidos, la propiedad reológica mas frecuentemente utilizada para su observación y estudio es la dureza (Peyron y cols., 2002).

3.3 Masticación y coordinación muscular

Actualmente se acepta que es necesaria la contracción coordinada de los diversos músculos de la cabeza y del cuello para mover la mandíbula con precisión y permitir un funcionamiento eficaz (Okeson, 2013). La masticación requiere de la actividad muscular para realizar los movimientos mandibulares y para ejercer fuerza para cortar o moler los alimentos. Los músculos involucrados en el cierre mandibular incluyen el masetero, temporal y pterigoideo medial; mientras que los de apertura son el digástrico, milohioideo y pterigoideo lateral. El músculo pterigoideo lateral no es un depresor mandibular genuino ya que su contracción no produce apertura mandibular. Se encuentra activo durante el cierre de la mandíbula, movimientos protrusivos y de apertura, además de estabilizar el cóndilo o moverlo hacia adelante o lateralmente (van der Bilt, 2011). Esta diversidad funcional se debe a que el músculo pterigoideo lateral es considerado como un sistema de fibras, en que sus fascículos superior e inferior actúan como un solo músculo, con variaciones en cantidad y grado de actividad dentro de un rango determinado, distribuidas de acuerdo a las demandas biomecánicas del movimiento (Bhutada y cols., 2007). Los músculos suprahióideos también son depresores mandibulares. Cuando los infrahióideos estabilizan el hueso hioides, la contracción de los suprahióideos produce la apertura mandibular.

Por otra parte, los dientes juegan un papel fundamental en el sistema masticatorio. Ellos forman el área oclusal donde las partículas de los alimentos son fragmentadas. Esta fragmentación depende del área oclusal y del número de dientes posteriores en oclusión (Hatch y cols., 2001).

Es conocido que diversos parámetros fisiológicos durante la masticación, como por ejemplo el número, la duración y la característica cinética del ciclo masticatorio, como la actividad electromiográfica (EMG) de los músculos involucrados, son características de cada individuo y varían ampliamente entre un individuo y otro. En cada sujeto, las modificaciones reflejan una adaptación de la masticación a las características físicas y reológicas de los alimentos.

En las personas que han perdido sus dientes y utilizan prótesis totales, se ha observado un incremento en la actividad EMG, lo cual demuestra que los portadores de prótesis gastan más energía en la formación del bolo alimenticio, el cual presenta un mayor tamaño en sus partículas (Woda y cols., 2006). Estos autores también señalaron que el deterioro observado en la masticación en desdentados totales se aproxima a la discapacidad encontrada en personas con deficiencias neuromotoras.

4. Rechinamiento dentario

4.1 Generalidades

La acción de rechinar los dientes, se encuentra asociada indiscutiblemente con el término bruxismo. Ya en el año 1965, se introdujo el concepto de *bruxismo* en el encabezamiento de términos médicos de la biblioteca nacional de medicina de los Estados Unidos (MeSH) como un desorden caracterizado por el rechinamiento y apretamiento de los dientes. Síntomas y signos típicos son la atrición de los tejidos duros de los dientes, fracturas dentarias y protésicas, dolor en los músculos y articulaciones afectadas y dientes hipersensibles al morder (Greene y cols., 1998).

Ricketts (1969) consideró que el desgaste dentario es la condición más dañina relacionada con el bruxismo. Por esta razón, el desgaste dentario ha sido descrito en relación al bruxismo por muchos años. Especialmente, la atrición se ha mencionado en este contexto. En el glosario de términos protésicos (The Academy of Prosthodontics, 2005), la atrición es definida como el desgaste mecánico resultante de la masticación o parafunción, la cual se encuentra limitada a las superficies de contacto de los dientes. Durante el rechinamiento dentario, esto es exactamente lo que ocurre: dientes opuestos que han sido frotados fuertemente unos contra otros.

Actualmente, el bruxismo no es aceptado como una entidad única, sino que se ha dividido en dos entidades diferentes (bruxismo en vigilia y en sueño), basado en cuando ocurre la actividad (Klasser y cols., 2015). Por esta razón, la Academia Americana de Medicina del Sueño (AASM) ha realizado una reciente actualización en su definición de bruxismo general, que fue adoptada para la tercera edición de la Clasificación internacional de desórdenes de sueño (ICSD-3), como una actividad muscular mandibular repetitiva caracterizada por el apretamiento o rechinamiento de los dientes y/o por el empuje o fuerza estabilizadora de la mandíbula (AASM, 2014).

Existe una gran variabilidad en la prevalencia reportada del bruxismo. Estas diferencias pueden ser atribuidas al tipo de bruxismo estudiado (inespecífico, durante el sueño, durante la vigilia), la metodología de diagnóstico aplicada (cuestionarios, historia oral, examen clínico), la presencia o ausencia de co-morbilidades (ansiedad, trastornos

temporomandibulares/dolor orofacial, parálisis cerebral), y las características de la población estudiada (niños, adultos, población general, población de pacientes).

Algunos trabajos han estimado la prevalencia del bruxismo en general es del 17% en niños y 8% en los adultos de mediana edad, cayendo a un 3% en las personas mayores (Maluly y cols., 2013; Carra y cols., 2015). Una revisión sistemática realizada sobre la epidemiología del bruxismo en la población adulta, revela la prevalencia de un 18,6% para el bruxismo, un 15,9% para el bruxismo durante el sueño y un 23,8% para el bruxismo durante la vigilia (Lobbezoo y cols., 2012). Basado en lo anterior es claro que ambos, bruxismo en sueño y durante la vigilia, son condiciones comunes.

A través de los años, varios estudios han propuesto distintas estrategias para el diagnóstico del bruxismo (Koyano y cols., 2008; Carra y cols., 2012). La literatura muestra que la amplia mayoría de los datos proceden de estudios que han adoptado el auto-reporte para la detección de bruxismo (Manfredini y cols., 2013). Se ha desarrollado un sistema de clasificación recientemente efectuado por el consenso entre un grupo internacional de expertos (Lobbezoo y cols., 2013), empleando un nuevo sistema de gradación diagnóstica con propósitos clínicos y de investigación. Éste nos dice del diagnóstico de bruxismo como “posible” cuando es basado en el auto-reporte usando un cuestionario y/o la anamnesis del examen clínico; como “probable” basado en el auto-reporte más la información obtenida por la inspección durante el examen clínico; y como “definitiva” basado en el auto-reporte, el examen clínico y el registro polisomnográfico, que contenga preferentemente registro audiovisual. Sin embargo, la polisomnografía tiene algunas desventajas, por ejemplo el alto costo, cantidad de tiempo necesario para la puntuación manual/visual y el entorno de laboratorio (Gallo y cols., 1997), siendo principalmente utilizado con fines de investigación, con un impacto menor para el clínico en su práctica cotidiana (Manfredini y cols., 2014a). Además, en el ámbito clínico, la polisomnografía continúa siendo basada principalmente en la evaluación clínica (AASM, 2014). Por esta y otras razones se han explorado otras herramientas, como por ejemplo dispositivos portátiles, cuya eficacia se encuentra en estudio (Deregibus y cols., 2014; Castroflorio y cols., 2015).

4.2 Factores causantes

En la literatura actual, se describen las siguientes teorías sobre los factores causantes del bruxismo (Behr y cols., 2012):

- Causas periféricas: Predominantemente la profesión dental ha visto alteraciones morfológicas locales, como la presencia de maloclusión, como causa del apretamiento o rechinar de los dientes. Este modelo etiológico está basado en la teoría que la maloclusión provoca una reducción del tono muscular. En ausencia de un equilibrio oclusal, la actividad de las motoneuronas de los músculos masticatorios es desencadenada por los mecanorreceptores periodontales (Dawson, 2007). Los defensores esta teoría de la oclusión a menudo se refieren al estudio de Ramfjord (1961), el cual propuso que el bruxismo es causado por discrepancias entre la posición retruida y la de contacto habitual, así como por los contactos de balanceo. Según Ramfjord, correcciones oclusales siempre dan como resultado la desaparición del bruxismo. Sus críticos aseveran que la investigación de Ramfjord no incluye aleatorización, ciego ni grupos control (Lobbezoo & Naeije, 2001). Además, estudios clínicos controlados no han podido demostrar que los síntomas del bruxismo pueden ser disminuidos significativamente, ya sea por la eliminación de las interferencias oclusales o por métodos de equilibrado oclusal (Macedo y cols., 2007).

Sin embargo, sería prematuro no tener en cuenta la influencia de la oclusión en el desarrollo del bruxismo. La oclusión determina la localización de la transmisión biomecánica de las fuerzas. Los patrones funcionales intramusculares de los músculos masticatorios son regulados a través de los mecanorreceptores periodontales. Estos patrones funcionales son modificados por las distintas tareas motoras, así como por el desplazamiento de la mandíbula en relación al maxilar (Türp & Schindler, 2003). Los receptores del ligamento periodontal proporcionan la información de la ubicación de la mandíbula en relación al maxilar, siendo además necesaria la información proveniente de los propioceptores. Los receptores pueden interpretar los contactos prematuros o unilaterales como la señal que la mandíbula necesita para retraerse a una posición de reposo, la cual es brindada por la actividad muscular. Asumiendo que la posición final no es posible debido a la maloclusión, el patrón de movimiento en la

corteza motora se encuentra constantemente activado en un intento de alcanzar dicha posición de reposo (Roccabado & Iglarsh, 1991).

- Causas centrales: En la segunda teoría, alteraciones en la zona de los núcleos de la base, por ejemplo disfunciones relacionadas con el sueño, están asumidas como las causas del bruxismo.

Los núcleos de la base (núcleo caudado, putamen, globo pálido, núcleo subtalámico y sustancia negra) son componentes de circuitos funcionales dispuestos en paralelo, que incluyen el tálamo y la corteza (Alexander & Crutcher, 1990). El flujo de información de estos compartimentos controla la organización de la preparación motora y la ejecución de los movimientos musculares. Áreas corticales específicas envían proyecciones excitatorias al núcleo estriado, que representa la entrada de los núcleos de la base. Los núcleos de salida liberan ácido γ -aminobutírico (GABA) (Joel & Weiner, 1994). Esto modula dos vías opuestas pero paralelas, donde una por vía directa tiende a desinhibir el estado talámico del circuito (facilita el movimiento) y una vía indirecta que promueve una proyección excitatoria desde los núcleos subtalámicos (inhibe el movimiento). Ambas vías son activadas selectivamente y en asociación con la iniciación cortical de los movimientos, permitiendo controlar los movimientos voluntarios.

Alteraciones en la neuroquímica de los núcleos de la base pueden relacionarse con bruxismo. Tan y cols. (2004) describen un caso inusual de bruxismo severo asociado con un infarto talámico reciente e infarto crónico del núcleo caudado. Esto puede resultar en una alteración de las vías directa e indirecta, perturbándose la relación de los cuerpos estriados y el globo pálido, lo cual produce una alteración en el flujo de información del tálamo a la corteza, pudiendo jugar un rol en la patogénesis del bruxismo.

La etiología y patofisiología del bruxismo no está basada en un único mecanismo que la explique, permaneciendo ampliamente desconocida. Además, se observa una gran variabilidad entre sujetos, de lo cual no se puede extraer un fenotipo único y específico del sujeto con bruxismo (Lavigne y cols., 2007). Algunas explicaciones sobre la ocurrencia del bruxismo incluyen mecanismos relacionados con despertares durante el

sueño, activación cardíaca autónoma simpática, predisposición genética y factores exógenos psicosociales (Carra y cols., 2015).

La hipótesis más reciente sobre la etiología del bruxismo en sueño se relaciona con el rol del sistema nervioso central y autónomo en la génesis de la actividad oromandibular durante el sueño. Más específicamente, en el mantenimiento de la permeabilidad de la vía aérea y en los mecanismos relacionados con el sueño bajo la influencia de químicos cerebrales. Éstos pueden aumentar la actividad motora, permitiendo la aparición de actividad muscular masticatoria rítmica, siendo esta manifestación precedente al rechinar dentario (Klasser y cols., 2015).

Algunas revisiones han sugerido que los factores periféricos están perdiendo importancia, mientras que factores cognitivo-conductuales como el estrés, la ansiedad y tipo de personalidad están ganando atención (Lobbezoo & Naeije, 2001; Kato y cols., 2003). Por ejemplo, se ha demostrado que ciertos rasgos de personalidad se encuentran asociados con altos niveles de ansiedad y estrés (Molin, 1999), los cuales podrían representar un factor de riesgo para el bruxismo, probablemente debido a su influencia en la calidad del sueño (Watanabe y cols., 2003). En este mismo sentido, en un reciente estudio (Ahlberg y cols., 2013) se ha descrito una relación entre la autovaloración del bruxismo y los estados psicológicos como son la ansiedad y el estrés, en sujetos en edad laboral.

En un estudio realizado por Manfredini y cols. (2004), se comparó la prevalencia de factores psíquicos, como los estados de ánimo y síntomas de ansiedad entre sujetos con bruxismo y sin bruxismo. Se observaron diferencias significativas entre bruxistas y controles por la presencia de síntomas depresivos y maníacos, además de sensibilidad al estrés y a expectativas ansiosas. Esto confirma que ciertos rasgos psíquicos se encuentran presentes en sujetos con bruxismo. Fernandes y cols. (2012) relataron que el bruxismo nocturno parece ser un factor de riesgo para los TTM dolorosos, y esto a su vez es un factor de riesgo para la ocurrencia de altos niveles de depresión y algunos síntomas físicos inespecíficos. Sin embargo, no pudieron establecer una relación de causa-efecto.

Es necesario precisar la diferencia entre los comportamientos orales parafuncionales en sueño y en vigilia. El relacionado con el sueño es principalmente relacionado con bruxismo fásico, tónico o ambos, mientras que en vigilia es más diverso, incluyendo

comportamientos como apretamiento dentario, mantenimiento de posiciones excursivas o mandíbula rígida. Un estudio (Khawaja y cols., 2015) buscó la asociación entre auto reporte de algunos estados parafuncionales en vigilia y las características bio-psicosociales de los individuos, encontrando una asociación estadística entre el auto reporte de parafunción y el auto-reporte de ansiedad, depresión, y síntomas físicos como dolor de alta intensidad y dolor relacionado con TTM. Sin embargo, usando el análisis de regresión lineal múltiple, solo el auto-reporte de depresión y síntomas físicos presentaron asociación estadística.

5. Trastornos temporomandibulares

5.1 Articulación temporomandibular

El área en la que se conecta la mandíbula con el cráneo y regula el movimiento de la mandíbula se denomina articulación temporomandibular (ATM), la cual permite el movimiento de bisagra en un plano y puede considerarse, por tanto, una *articulación ginglimoide*. Sin embargo, al mismo tiempo, también permite movimientos de deslizamiento, lo cual la clasifica como una *articulación artrodial*. Técnicamente se la ha considerado una *articulación ginglimoartrodial*. La articulación derecha e izquierda forman una articulación bicondilar y una variedad elipsoide de las articulaciones sinoviales (Okeson, 2013). La ATM se clasifica como una articulación compuesta. Por definición, una articulación compuesta requiere de la presencia de al menos tres huesos, a pesar de que la ATM tan solo está formada por dos. Funcionalmente, el disco articular actúa como un hueso sin osificar que permite los movimientos complejos de la articulación.

Las características comunes de las articulaciones sinoviales que se presentan en esta articulación incluyen un disco, hueso, cápsula fibrosa, líquido sinovial, membrana sinovial y ligamentos. Sin embargo, las características que diferencian y hacen única a esta articulación es que su superficie articular se encuentra cubierta por fibrocartílago en lugar de cartílago hialino.

En cuanto a su biomecánica, los movimientos de las ATM son muy complejos ya que presenta tres grados de libertad, con cada grado de libertad asociado con un eje separado de rotación. La rotación y traslación anterior son sus dos movimientos primarios y ocurren en los tres planos: sagital, horizontal y frontal. Los movimientos de deslizamiento, traslación y desplazamiento ocurren en el compartimento superior (supradiscal), mientras que la rotación o movimiento de bisagra ocurre en el compartimento inferior (infradiscal). Los movimientos de protrusión y retrusión son deslizamientos planos. Por lo tanto, la apertura bucal, desviación contralateral y protrusión involucran una rotación anterior de la mandíbula y un deslizamiento anterior, inferior y lateral del cóndilo mandibular y disco. Sin embargo, el cierre bucal, desviación ipsilateral y retrusión involucran una rotación posterior de la mandíbula, y

un deslizamiento anterior, inferior y lateral del cóndilo mandibular y disco (Dutton, 2012).

El movimiento no solamente es guiado por la forma de los huesos, músculos y ligamentos sino también por la oclusión de los dientes, ya que ambas articulaciones se encuentran unidas por un único hueso mandibular y no se pueden mover independientemente una de la otra (Alomar y cols., 2007).

5.2 Definición y epidemiología

Los TTM son un grupo heterogéneo de patologías que afectan las ATM, los músculos mandibulares o ambos (McNeill, 1997). Este término fue sugerido por Bell (1982) y es el más utilizado en la actualidad siendo adoptado por la *American Dental Association* (Griffiths, 1983), debido a que esta denominación no sugiere simplemente problemas limitados a las articulaciones, sino que incluye todos los trastornos asociados a la función del sistema masticatorio.

Los TTM son caracterizados por la descripción clásica de la triada de los signos clínicos: dolor muscular y/o de la ATM, ruidos articulares y restricción, desviación o deflexión del patrón de apertura mandibular (Laskin, 1969). Los TTM son considerados como la condición dolorosa orofacial más común de origen no dentario, pero frecuentemente concomitante con la presencia de otros síntomas como son dolor de cabeza, dolor de oído, neuralgia y dolor dentario, los cuales pueden relacionarse con TTM o estar presentes como un hallazgo auxiliar a ser evaluado en el proceso de diagnóstico diferencial, haciendo compleja la evaluación de la prevalencia de los TTM (LeResche, 1997).

Se estima que entre el 50% al 75% de la población general ha experimentado un TTM unilateral como mínimo en una ocasión y que al menos el 33% ha reportado como mínimo un síntoma continuo y persistente (Schiffman y cols., 1990; Nassif y cols., 2003). Los TTM se presentan más comúnmente entre las edades de 20 y 40 años, ocurriendo más frecuentemente a las mujeres que a los hombres (Solberg, 1986; Warren & Fried, 2001; Detamore & Athanasiou, 2003; Detamore y cols., 2007; van Loon y cols., 2002), principalmente sobre los 55 años de edad (Johansson y cols., 2003).

Dao y LeResche (2000) reportaron que del 8% al 15% de las mujeres desarrollan síntomas crónicos asociados con TTM, comparado con el 3% al 10% de los hombres. Las razones de este desequilibrio por sexo en la prevalencia de los TTM no se han esclarecido completamente; sin embargo, algunos autores han sugerido una influencia hormonal (Warren & Fried, 2001). De hecho, estudios en animales y humanos han sugerido que las hormonas sexuales pueden predisponer a una disfunción de las ATM y a una alteración cartilaginosa (Aufdemorte y cols., 1986; Milam y cols., 1987; Abubaker y cols., 1993). Niveles elevados de estrógenos han sido encontrados en pacientes con TTM. Sin embargo, no existe aún una relación definitiva entre esas hormonas y la causa de los TTM.

La prevalencia actual de los TTM en la población es materia de debate, debido a la falta de homogeneidad en el criterio diagnóstico adoptado en las diferentes investigaciones (Manfredini y cols., 2011). Hay evidencia que la prevalencia de signos y síntomas puede ser alta en la población general (Dworkin y cols., 1990). En 1996, los Institutos nacionales de la Salud de Estados Unidos (National Institutes of Health, NIH) estimaron que 10 millones de estadounidenses tenían disfunción dolorosa de la ATM (Ingawalé & Goswami, 2009). Algunas encuestas han reportado que entre el 20% al 25% de la población presenta síntomas de TTM, mientras que se estima que 30 millones de estadounidenses padecen de TTM, con aproximadamente un millón de nuevos pacientes diagnosticados anualmente (Solberg y cols., 1979; Detamore & Athanasiou, 2003; Wolford y cols., 2003). Estudios recientes demuestran su alta prevalencia en distintos grupos etarios y diferentes orígenes étnicos (Sena y cols., 2013; Minghelli y cols., 2014; Campos y cols., 2014; Yu y cols., 2015; Zwiri & Al-Omiri, 2015).

5.3 Etiología y diagnóstico

Los TTM pueden ser causados por daño en la mandíbula, las ATM o los músculos masticatorios y del cuello. Otras posibles causas incluyen el apretamiento y rechinar repetido de los dientes asociado con estrés (Wright y cols., 2004), lo cual provoca mucha presión en las ATM, dislocación del disco articular, presencia de osteoartritis o artritis reumatoide en las ATM, que puede provocar que una persona fuerce los músculos faciales y mandibulares o apriete los dientes (Tanaka y cols., 2000;

Hansdottir & Bakke, 2004; Kang y cols., 2006; Barbick y cols., 2008; Tanaka y cols., 2008). Además, para la aparición de TTM, el estrés es considerado el factor principal del mantenimiento y aumento de los síntomas. Un desafío importante en el diagnóstico y tratamiento de los TTM es que su condición es multifactorial y generalmente son reconocidos como desordenes físicos, psicológicos y funcionales (Rocabado, 1983). Las alteraciones de las ATM también incluyen disfunciones dolorosas, degeneración interna de los tejidos, artritis y traumas (Detamore & Athanasiou, 2003; Detamore y cols., 2007).

Debido a la gran subjetividad de los síntomas, los TTM son de difícil diagnóstico, especialmente porque los pacientes buscan ayuda en otros especialistas además de los dentistas, como por ejemplo, neurólogo, otorrinolaringólogo u oftalmólogo (Walczyńska-Dragon & Baron, 2011). A esto se le suman las diferencias en los protocolos clínicos utilizados para establecer el diagnóstico de los TTM, pudiendo ser las responsables de la alta variabilidad de los resultados entre los diversos estudios. En general, las alteraciones articulares son clasificadas de acuerdo a los estadios de Wilkes (etapas I-V) de las alteraciones internas de las ATM, basadas en hallazgos clínicos, radiológicos y anatómicos (Wilkes, 1993). Con fines de investigación, se utiliza una clasificación diagnóstica más detallada. La introducción de los Criterios Diagnósticos para la Investigación de los Trastornos Temporomandibulares (CDI/TTM) en 1992 (Dworkin & LeResche, 1992) produjo un aumento en el nivel de consistencia entre los estudios gracias al uso de estos criterios diagnósticos estandarizados. Los CDI/TTM proporcionan criterios para el diagnóstico en dos ejes; es decir, el paciente recibe un diagnóstico físico (eje I) junto con una valoración psicosocial (eje II).

En el eje I, los CDI/TTM categorizan los criterios de TTM en 3 grupos:

Grupo I: Trastornos musculares:

I.a. Dolor miofascial

I.b. Dolor miofascial con limitación de la apertura mandibular

Grupo II: Desplazamientos del disco:

II.a. Desplazamiento discal con reducción

II.b. Desplazamiento discal sin reducción con limitación de la apertura mandibular

II.c. Desplazamiento discal sin reducción sin limitación de la apertura mandibular

Grupo III: Otras condiciones articulares:

III.a. Artralgia

III.b. Osteoartritis

III.c. Osteoartrosis

Para el eje II se determina el perfil del paciente de acuerdo a:

1. Grado de dolor crónico y discapacidad
2. Nivel de depresión
3. Escala de síntomas
4. Limitación asociada al funcionamiento mandibular

Los CDI/TTM han llegado a ser reconocidos mundialmente como una herramienta de investigación para el estudio de los TTM. Se ha sugerido que con el uso de los CDI/TTM, la recolección de datos ha dado un paso fundamental en permitir la comparación de los resultados de los diferentes estudios con propósitos epidemiológicos y para obtener sugerencias en la implementación de los CDI/TTM en el ámbito clínico (Steenks & de Wijer, 2009), aun cuando se ha propuesto la necesidad de una actualización de los CDI/TTM (Anderson y cols., 2010; Lobbezoo y cols., 2010). Una serie de artículos evalúan algunos asuntos importantes y proponen una revisión del algoritmo diagnóstico para los CDI/TTM, bajo el nombre de Criterios Diagnósticos para los TTM (CD/TTM o CDI/TTM revisado). Sin embargo, esta versión revisada presenta solo ligeras mejoras en la sensibilidad y especificidad del diagnóstico de dolor miofascial, por lo que las modificaciones aplicadas no son sustanciales (Reiter y cols., 2012). En el año 2014 se propuso un nuevo protocolo de los CD/TTM que provee mayor detalle y apoyo de exámenes complementarios en el diagnóstico de los TTM (Schiffman y cols., 2014), como también la incorporación de un tercer eje de marcadores biomédicos (eje III), con la inclusión de nuevas tecnologías en genética y neurociencia (Peck y cols., 2014).

Con el fin de ofrecer un enfoque integrado para el diagnóstico clínico y proporcionar un marco para el desarrollo de futuras investigaciones, recientemente se han

propuesto algunas recomendaciones (Michelotti y cols., 2016). Para el caso de los trastornos disco-condilares se considera la necesidad de establecer la prevalencia e incidencia de éstas en la comunidad, su progresión e impacto como también el establecer estándares referencia y criterios de validez. Debido a que las variables que influyen el desarrollo y progresión de los trastornos disco-condilares son desconocidas, se debe considerar como una prioridad la realización de estudios longitudinales multicéntricos. Asimismo, en relación al dolor miofascial, los criterios de validación para el diagnóstico de mialgia local y dolor miofascial deben ser establecidos con una aceptable sensibilidad y especificidad. Por esto es importante, por ejemplo, el establecer un estándar para la identificación de los puntos de gatillo en el diagnóstico de síndrome de dolor miofascial.

5.4 Relación entre trastornos temporomandibulares y oclusión dentaria

La relación entre la oclusión dentaria y los TTM ha sido uno de los tópicos más controvertidos en la comunidad odontológica, por lo que han existido múltiples discusiones acerca del rol de la oclusión en la predisposición, iniciación y perpetuación de los TTM (De Boever y cols., 2000). El concepto de oclusión y tratamiento oclusal es una parte esencial del tratamiento dental, y la correlación específica entre la oclusión y las ATM es indiscutible (Badel y cols., 2008). Sin embargo, la odontología ha ido cambiando su orientación desde una perspectiva orientada a la posición dentaria, donde las maloclusiones fueron consideradas el principal factor de disfunción de las ATM, a una en la cual se ha reconocido la influencia de otros factores etiológicos (McLaughlin, 1988).

Se han realizado aproximaciones para definir a la oclusión en los modelos etiopatogénicos del desarrollo de los TTM. De Boever y Carlsson (1994) clasifican los factores etiológicos en tres grupos: anatómicos (oclusión y ATM), neuromusculares y psicosomáticos. De manera similar, la Academia Americana de Dolor Orofacial (Okeson, 1996) define los factores como traumáticos, anatómicos, patofisiológicos y psicosociales. Los factores anatómicos y estructurales pertenecen al grupo de factores predisponentes, como lo son una relación oclusal desfavorable o un tratamiento protésico inadecuado (Okeson, 2013).

Varios investigadores han encontrado correlación entre la oclusión y los síntomas de las ATM. Mohlin y Kopp (1978) mostraron una asociación entre las interferencias oclusales y el dolor miofascial y disfunción. Además, encontraron una relación entre la mordida cruzada posterior con el malestar muscular. Los pacientes con mordidas profundas, maloclusión clase II y mordida abierta anterior pueden ser predisponentes al dolor miofascial (Liu & Steinkeler, 2013). Otros artículos han indicado que la influencia de la oclusión en la génesis y desarrollo de los TTM es baja (Türp & Schindler, 2012). Pullinger y cols. (1993) establecieron que los factores oclusales estaban relacionados con el desarrollo de TTM solo en un 15% de los casos.

Es importante destacar que los cambios morfológicos de las ATM pueden influir en los determinantes oclusales, que incluyen mordida abierta anterior y discrepancias de la línea media, entre otros. Los clínicos pueden erróneamente percibir que la maloclusión dentaria causa los TTM, siendo que quizás el TTM causa la maloclusión de los dientes (Donovan y cols., 2013).

Los contactos oclusales prematuros constituyen una posible causa de dolor de cabeza, dolor facial y TTM, afectando la función masticatoria y causando asimetría del sistema estomatognático. Esas alteraciones pueden ser consecuencias secundarias del cambio de la posición oclusal debido al dolor muscular y articular, generando una desviación de la mandíbula y una excesiva presión de la articulación y la región bilaminar. En la fase de crecimiento, las interferencias oclusales pueden exacerbar los síntomas, debido a la desviación de la mandíbula, así como las alteraciones periodontales debidas al dolor (Lauriti y cols., 2013). Estas alteraciones funcionales entre los arcos dentarios pueden tener consecuencias neuromusculares negativas para las estructuras de la cabeza y el cuello, desencadenando el desarrollo de TTM, con un impacto negativo en la calidad de vida (Headache & Sot, 2004; Laimi y cols., 2007).

Otra parte de literatura ha mostrado evidencia de que la oclusión juega un rol menor en el desarrollo de signos y síntomas de TTM (Manfredini y cols., 2010; Türp & Schindler, 2012), no siendo la oclusión un factor discriminante (Manfredini y cols., 2015). Esos resultados pueden deberse no necesariamente a la falta de relación, sino a la etiología multifactorial de los TTM. En efecto, es difícil conocer específicamente los factores precipitantes y/o perpetuantes de esta condición, considerando que la influencia de cada factor en cada sujeto es variable. Una investigación reciente

(Manfredini y cols., 2014b) concluye que la contribución de las características dentales de las maloclusiones es mínima para predecir el ruido de las ATM, sin una relación clínica. Sin embargo previamente Landi y cols. (2004) encontraron que las interferencias mediotrusivas fueron una característica oclusal asociada significativamente con la presencia de dolor miofascial, de acuerdo con los CDI/TTM. Un estudio realizado en sujetos con bruxismo encontró que los patrones diagnósticos de TTM pueden estar influenciados por algunas características oclusales (Manfredini y cols., 2014c).

5.5 Relación entre trastornos temporomandibulares y dolor

Una definición de dolor ampliamente aceptada fue desarrollada por la Asociación Internacional del Estudio del Dolor (IASP), el cual es descrito como una experiencia sensorial y emocional desagradable, asociada con daño tisular actual o potencial, o descrito en términos de dicho daño (IASP, 2011). No hay una taxonomía estándar para el dolor, pero las distinciones son hechas frecuentemente entre el dolor agudo y crónico y entre el dolor relacionado o no con cáncer (Jeffery y cols., 2011).

La evaluación del dolor es una tarea compleja, teniendo en cuenta que el dolor es una experiencia subjetiva, siendo determinado por un complejo sistema de las conexiones neuronales, las cuales son influenciadas por factores biológicos, emocionales y del comportamiento.

Actualmente, los TTM se refieren a las causas responsables de la función alterada de las ATM y del sistema neuromuscular asociado, el que puede provocar TTM relacionados con dolor (Schiffman y cols., 2014). Esta situación es enormemente relevante ya que las ATM son utilizadas entre 1500 a 2000 veces al día, donde una patología que involucre el movimiento mandibular puede generar un gran malestar para quien lo padece (Calixtre y cols., 2014).

Los TTM de origen muscular son los más comunes de los TTM dolorosos, convirtiéndose en un trastorno discapacitante (Peck y cols., 2014).

El dolor puede irradiarse a distintas regiones, como son los arcos dentarios, oídos, sienes, frente, región occipital y cervical de la columna vertebral o cintura escapular (Gonçalves y cols., 2010; Walczyńska-Dragon & Baron, 2011; Sipilä y cols., 2011;

Zakrzewska, 2013). Sin embargo, a pesar de que comparativamente pocos pacientes buscan tratamiento, es sabida la alta prevalencia de los TTM en las sociedades desarrolladas (Fujita y cols., 2003; Barbosa y cols., 2008). Los TTM se acentúan mayoritariamente en el cuello, donde un desequilibrio puede conducir a la flexión del cuello hacia el lado afectado (Kibana y cols., 2002).

El dolor miofascial posee una etiología multifactorial (Yap, 2007), existiendo evidencia que muestra al músculo masetero como el sitio más sensible de los pacientes con dolor miofascial (Santos Silva y cols., 2005).

Actualmente no existe consenso respecto a la relación entre el dolor orofacial, los TTM y la oclusión, además las interferencias oclusales han sido consideradas un factor de riesgo para los TTM. En una revisión (Xie y cols., 2013) se expresa que los sujetos sin historia de TTM muestran una buena adaptación a las interferencias oclusales, mientras que los sujetos con historia de TTM desarrollan un significativo incremento de signos clínicos y reportan síntomas mayores, como incomodidad oclusal y dificultades masticatorias en respuesta a las interferencias. Michelotti y cols. (2005) observaron que, tras introducir una interferencia oclusal artificial, ninguno de los sujetos desarrolló síntomas de TTM. Asimismo, Lobbezoo y cols. (2012) en su revisión concluyeron que a la fecha no existe evidencia de una relación causal entre el bruxismo y la oclusión. La mayoría de las evidencias de la relación entre TTM y bruxismo señalan una asociación entre bruxismo y síntomas de dolor muscular o fatiga (Manfredini & Lobbezoo, 2010). En efecto, el reporte matutino de dolor/fatiga muscular masticatoria es considerado un criterio diagnóstico clínico de bruxismo en sueño (Manfredini y cols., 2014a). Además, estudios epidemiológicos han presentado una asociación positiva entre bruxismo y TTM doloroso, especialmente de origen miogénico (Manfredini & Lobbezoo, 2010).

Un estudio reciente sugiere como rol causal del dolor de los TTM al estrés y la tensión muscular, sugiriendo la evaluación cuidadosa del rol de los comportamientos parafuncionales (por ejemplo apretamiento y rechinar dentario), en pacientes que sufren de dolor miofascial y artralgia relacionada con TTM (Glaros y cols., 2016).

El sistema neuromuscular, responsable de la función masticatoria, posee un alto potencial para adaptarse a las condiciones cambiantes. Solamente cuando las capacidades compensatorias de los sistemas masticatorio y neuromuscular son

sobrecargados ocurre la disfunción, dando como resultado síntomas y signos clínicos como dolor, clic severo o limitación de la movilidad mandibular, obligando al paciente a buscar ayuda (Wieckiewicz y cols., 2015).

6. Electromiografía de superficie

6.1 Definición y aspectos técnicos

La electromiografía (EMG) es una técnica de registro electrofisiológico, que está compuesta por trenes aleatorios de potenciales de acción que se registran extracelularmente (Moller, 1969) y que son generados por las fibras musculares acompañadas de un trabajo mecánico. Permite estudiar la actividad neuromuscular asociada a una contracción, pero no indica necesariamente la fuerza desarrollada por el músculo (Wexler y cols., 1997), sino qué músculo se encuentra más activado por el sistema nervioso central (Schievano y cols., 1999) e indirectamente qué músculo presenta una función protagonista en una función particular (Van Eijden y cols., 1993). Generalizando, se puede clasificar la EMG según el protocolo de la prueba que realiza el sujeto evaluado.

Para el registro de la actividad EMG en reposo, se debe primariamente precisar la diferencia entre tono muscular, actividad EMG en la posición de reposo clínico y la actividad de reposo neuromuscular. El tono muscular es el estado de contracción o tensión continua y pasiva de la musculatura esquelética (O'Sullivan, 2007). También se define como la resistencia de un músculo al estiramiento (Barrett y cols., 2013). Como las fibras normales del músculo esquelético no se contraen sin un potencial de acción que estimule las fibras, el tono del músculo esquelético se debe totalmente a impulsos nerviosos de baja frecuencia que proceden de la médula espinal o los nervios craneales. Estos, a su vez, están controlados en parte por señales que se transmiten desde el encéfalo a las motoneuronas adecuadas y en parte por señales que se originan en los husos neuromusculares (y motoneuronas) que están localizados en el propio músculo (Hall, 2011). Por su parte, la actividad EMG en posición de reposo clínico, también conocida como en posición postural mandibular, es la actividad EMG registrada en la posición que asume la mandíbula luego del uso de métodos habituales utilizados por los dentistas, para la determinación del espacio de inoclusión fisiológico y de la dimensión vertical postural, cuando el sujeto se encuentra sentado, con su cabeza en posición erguida (Fresno y cols., 2007). Finalmente, la posición de reposo clínico es craneal a la posición de reposo EMG, la cual es definida como la dimensión

vertical interincisal donde se observa la mínima actividad EMG (actividad de reposo neuromuscular) (Garnick y Ramfjord, 1962; Manns y cols., 1981; Rugh y Drago, 1981; Michelotti y cols., 1997). La posición de reposo clínico siempre se ubica más cranealmente que la posición de reposo neuromuscular, con una diferencia media de 6 mm aproximadamente. Por lo tanto, la posición de reposo clínico no es la posición donde los músculos presentan su mínima actividad (Fresno y cols., 2007).

La EMG voluntaria es la actividad eléctrica muscular cuando se le solicita al sujeto que realice una acción (por ejemplo, máximo apretamiento en posición intercuspál), y la EMG de potenciales evocados es la que evalúa la integridad de la unidad motora y se realiza aplicando un pulso eléctrico que estimula la contracción del músculo.

La actividad EMG de los músculos masticatorios y cervicales ha sido extensamente estudiada en trabajos clínicos y de investigación, la cual permite la exploración de varios músculos implicados en la masticación, la deglución y en la postura de la cabeza (masetero, temporal anterior y posterior, digástrico anterior, esternocleidomastoideo) (Ferrario y cols., 1991). También analiza la integridad de todo el sistema motor, que incluye las neuronas motoras superiores e inferiores, la unión neuromuscular y el músculo (Lemman & Ritchie, 1979; Kimura, 1989; Miller, 1991; Shefner y cols., 1991). Es una prueba de registro de la señal eléctrica que se origina en la fibra muscular del músculo estriado y se transmite a través de los tejidos (Kimura, 1989) y puede determinar si el sistema nervioso está reclutando activamente un músculo durante la función (Ferrario y cols., 1991).

La EMG de superficie provee información no invasiva de las propiedades musculares, a través de electrodos localizados sobre la piel. La EMG de superficie es la suma de las contribuciones eléctricas de las unidades motoras activas y por lo tanto nos informa tanto de las propiedades de la membrana muscular como de las estrategias del control central (Basmajian, 1967). La simplicidad de aplicación de las técnicas de la EMG de superficie determina su uso generalizado en los campos clínicos y de investigación en odontología (Castroflorio y cols., 2008).

En estudios centrados en la coordinación muscular, los registros de EMG de superficie (no invasivos) son preferidos generalmente a los registros intramusculares (electrodos de aguja) por varias razones, entre ellas:

- los electrodos de aguja pueden lacerar el tejido muscular y causar dolor durante el movimiento, limitando el número de músculos que pueden ser registrados simultáneamente.
- la técnica de aguja es invasiva y por lo tanto requiere personal médico.
- con los electrodos de aguja, el volumen muscular desde el cual las señales pueden ser registradas es relativamente pequeño (unos pocos milímetros cúbicos) y por ello, puede no ser representativa del total de la masa muscular involucrada en el ejercicio (Frigo & Shiavi, 2004).

Debido a esta facilidad de uso, la EMG de superficie se utiliza comúnmente en odontología para investigar características funcionales asociadas con el dolor de los músculos de la masticación, así como la alteración del crecimiento y desarrollo del sistema masticatorio (Andrade Ada y cols., 2009).

El nivel de actividad EMG sugiere que el músculo desarrolla más fuerza, pero no siempre la fuerza o tensión muscular se relaciona directamente con el nivel de actividad EMG. La correlación más próxima entre tensión muscular y actividad EMG se produce en las contracciones isométricas, cuando el músculo no cambia de longitud, por ejemplo durante el apretamiento de los dientes o la rotación de la cabeza contra resistencia (Ferrario y cols., 2006).

El patrón de contracción de músculos pares también puede ser investigado usando electromiografía de superficie. Este examen ofrece resultados objetivos y representa un importante método auxiliar de diagnóstico, lo que permite la investigación del patrón de contracción de los músculos principales de la masticación (Botelho y cols., 2011) y así como de los cervicales (Ferrario y cols., 2006).

Por lo antes citado, la EMG de superficie es en principio una herramienta adecuada para el análisis de la función neuromuscular en el campo de la odontología. Si es utilizada de acuerdo a las recomendaciones específicas y en conjunción con una minuciosa y concienzuda historia clínica y examen físico, las mediciones de la EMG de superficie pueden brindar datos objetivos, documentados, válidos y reproducibles sobre la condición funcional de los músculos masticatorios de un paciente individual (Hugger y cols., 2012).

6.2 Actividad electromiográfica y contacto oclusal mediotrusivo

En un concepto homeostático del sistema estomatognático, se considera como oclusión orgánica aquella en la cual durante la posición intercuspal, el contacto de los dientes posteriores es más intenso que los dientes anteriores. Este tipo de contacto es favorable porque las piezas posteriores reciben la carga en el eje principal y evita que las piezas anteriores reciban cargas con componente horizontal. Durante un deslizamiento contactante protrusivo, la mandíbula debiera ser guiada por el contacto de dientes anteriores, permitiendo la inoclusión de los dientes posteriores (fenómeno de Christensen) (Ireland, 2010). De esta manera, los dientes anteriores protegen a los posteriores evitando que reciban fuerzas con componente horizontal. Durante una trayectoria laterotrusiva, debiera existir contacto entre los dientes opuestos en el lado de trabajo. Este contacto puede ser limitado a los caninos (guía canina) o extenderse hacia atrás hasta incluir uno o más pares de dientes posteriores adyacentes (función de grupo), no existiendo implicación del tipo de esquema laterotrusivo en el funcionamiento fisiológico anormal, siendo ambos esquemas igualmente aceptables (Abduo y cols., 2013; Abduo & Tennant, 2015). Durante la trayectoria laterotrusiva no debiera presentarse un contacto en el lado de no trabajo (Clark & Evans, 2001).

Desde un punto de vista de evidencia científica, el trabajo de Manfredini y cols. (2004) mostró que en un grupo de pacientes con bruxismo, de todos los aspectos de la oclusión evaluados como por ejemplo la sobremordida, mordida cruzada, mordida abierta, interferencia laterotrusiva, interferencia mediotrusiva, contacto prematuro, relación molar y relación canina, el único aspecto de la oclusión que mostró una correlación estadísticamente significativa con la presencia de bruxismo fue la presencia de interferencia mediotrusiva. Posteriormente, Manfredini y cols. (2012), al estimar la contribución de los varios factores oclusales de la dentición natural en la identificación del bruxismo, sugieren que la contribución de la oclusión para la diferenciación entre bruxistas y no bruxistas es insignificante, lo que soporta las teorías que expresan un protagonismo secundario de los factores anatómico-estructurales en la patogénesis del bruxismo. Este resultado concuerda con Lobbezoo & Naeije (2001), los cuales asocian la génesis de bruxismo principalmente con factores de origen central.

El efecto de un contacto oclusal artificial en el patrón de actividad EMG de los músculos elevadores (temporal anterior y masetero) ya ha sido anteriormente estudiado (Baba, 1991). En seis sujetos sanos, se investigó la influencia de la colocación de un contacto oclusal artificial (incrustación metálica en el segundo molar inferior) en la función mandibular. Se observó durante la masticación de chicle una prolongación de la fase oclusal con un incremento en la actividad de los músculos elevadores en el lado opuesto al contacto oclusal mediotrusivo, es decir, en el lado de trabajo.

Varios trabajos han sido publicados con respecto a la influencia de un contacto oclusal artificial en la actividad EMG durante el máximo apretamiento dentario voluntario. Baba y cols. (1996), estudiando la influencia de una contacto oclusal mediotrusivo experimental, observaron que la actividad EMG en los músculos temporal anterior y posterior disminuyó en el lado de trabajo y aumentó en el lado de no trabajo; además, el patrón con clara dominancia en el lado de trabajo del grupo control fue alterado por un patrón bilateral en el grupo de estudio. Otros autores (Okano y cols., 2007), utilizando coronas periféricas para simular oclusión balanceada, encontraron resultados similares en la actividad EMG del músculo temporal anterior, no encontrando diferencias en el músculo masetero. Otro estudio (Baba y cols., 2000a) demostró que durante el apretamiento dentario en posición lateral de la mandíbula, la clara dominancia en el lado de trabajo del músculo temporal anterior y posterior se redujo cuando se añadió un contacto oclusal experimental mediotrusivo. No se observó un efecto significativo en la actividad EMG del músculo masetero. Asimismo, en otra investigación (Okano y cols., 2002) se concluyó que la introducción de un contacto oclusal mediotrusivo provocaba un aumento de la actividad EMG en el lado de no trabajo. Ferrario y cols. (1999), estudiando el efecto en la actividad EMG de los músculos temporal anterior y masetero de un contacto unilateral en posición intercuspal, encontraron que el principal efecto ocurrió en el músculo temporal, mientras que en el músculo masetero no se apreció dicha variación. Estos resultados contrastan con lo sostenido por otros autores (Humsi y cols., 1989), que registraron los mismos efectos solo en el músculo masetero, y con lo reportado por Ingervall & Carlsson (1982), que no encontraron ninguna variación en la actividad EMG de los músculos estudiados.

Una investigación realizada en sujetos sanos (Ferrario y cols., 2003) estudió el efecto inmediato de un contacto oclusal unilateral en el patrón de contracción de los músculos esternocleidomastoideos durante máximo apretamiento voluntario en posición intercuspal, observando una alteración en el patrón de contracción muscular, volviéndose asimétrico. En un estudio realizado por Michelotti y cols. (2005), los investigadores registraron con un equipo portátil durante seis semanas el efecto inducido por una interferencia oclusal, encontrando una reducción en la amplitud y el número de periodos de actividad EMG en el músculo masetero ipsilateral en los primeros dos días, para luego ir aumentando gradualmente; además, ninguno de los sujetos desarrolló síntomas de desorden temporomandibular. Este fenómeno de disminución inmediata representa la expresión de la activación de vías nerviosas mandibulares alternativas, para evitar la interferencia y aliviar la incomodidad. Previamente, se sugirió que la activación de estas vías, podría ocasionar hiperactividad muscular con pérdida de coordinación muscular (Clayton, 1995).

Por otra parte, se propone una cadena causal de eventos en que las interferencias oclusales provocan hiperactividad muscular y bruxismo, el cual a su vez resulta en sobrecarga de los músculos masticatorios, sensibilidad, dolor y ruido en las ATM. Para verificar esta hipótesis algunos investigadores han estudiado el efecto local y periférico de la aplicación de distintos tipos de contactos oclusales experimentales. En una revisión efectuada en pacientes asintomáticos, Clark y cols. (1999) encontraron que las interferencias oclusales en posición intercuspal provocaban un efecto deletéreo en el tejido pulpar y periodontal de los dientes afectados, produciendo a veces una alteración en la función mandibular y ocasionalmente ruido y dolor mandibular. Este tipo de interferencias, cuando contactan solamente en el movimiento lateral mandibular, son rara vez perjudiciales para la función mandibular, es decir, no existe evidencia que puedan causar o detener el bruxismo nocturno. Concluyen además que los contactos oclusales experimentales pueden inducir dolor dentario local, aumento de movilidad dentaria, ligero cambio tensional en los músculos posturales, alteración en los patrones de movimientos masticatorios, y a veces ruido articular. Estas conclusiones concuerdan con la revisión llevada a cabo por Christensen & Rassouli (1995a), en donde los contactos oclusales experimentales podrían causar también cambios en los patrones de contracción mioeléctrica de los músculos mandibulares, así

como también en los patrones de movimientos de traslación mandibular, asociándose además con fatiga muscular y dolor de cabeza. En otro trabajo (Christensen & Rassouli, 1995b), se ha observado un incremento de la actividad EMG en reposo de los músculos elevadores con la colocación de una interferencia oclusal. Li y cols. (2008) al estudiar el efecto de un contacto oclusal artificial colocado en el primer molar inferior derecho durante seis días, observaron la aparición de fatiga muscular en el lado derecho de la cara, dolor en primer molar derecho, dolor en la ATM derecha y dolor de cabeza en la región temporal derecha. Todos los signos y síntomas desaparecieron dentro de la semana después de eliminar el contacto oclusal artificial. Además se observó un aumento de la actividad EMG en reposo del músculo temporal anterior. La actividad EMG durante máxima contracción voluntaria se redujo significativamente en ambos músculos durante el tercer y sexto día.

6.3 Actividad electromiográfica y masticación

Un aspecto relevante a conocer es la influencia de la **consistencia de los alimentos** en la actividad EMG de los músculos masticatorios. Se ha registrado la actividad EMG del músculo temporal anterior durante la masticación de 15 tipos de alimentos con distinto módulo de elasticidad (Agrawal y cols., 1998), encontrándose correlación significativa entre la actividad EMG y la consistencia de los alimentos. Asimismo, se ha registrado la actividad EMG global del músculo masetero superficial y temporal anterior durante la masticación de carne con distinta consistencia (Mioche y cols., 2003), observándose que la actividad EMG media fue mayor durante la masticación de carne dura que durante la masticación de carne blanda. Foster y cols. (2006) compararon el efecto de la dureza de dos modelos de alimentos (elástico y plástico) con la actividad EMG de los músculos masetero y temporal durante la masticación, encontrando que la actividad muscular aumentó significativamente con la dureza, independientemente del tipo de alimento, mientras que la forma de los ciclos masticatorios dependía de la elasticidad o plasticidad. Propusieron una hipótesis dual que implica primero un mecanismo de preprogramación de la corteza y tronco cerebral para adaptar la forma de los movimientos mandibulares a la elasticidad o plasticidad del alimento, y segundo, un mecanismo en el tronco cerebral de

retroalimentación principalmente sensorial desde la boca que adapta la fuerza muscular a la dureza de los alimentos.

Al estudiar los patrones de actividad EMG en sujetos adultos sanos durante distintas condiciones, Farella y cols. (2008) realizaron registro EMG unilateral, observando que durante la masticación de alimento duro la mayoría de los sujetos presentó la mayor amplitud de actividad EMG en el masetero y temporal anterior en el lado ipsilateral. Asimismo, los músculos masetero, temporal anterior y suprahióideos tuvieron una gran actividad EMG durante la masticación de alimento duro y chicle.

Respecto a la influencia del **género** en la actividad muscular, Moreno y cols. (2008) estudiaron la actividad EMG bilateral del músculo masetero, temporal anterior, posterior y digástrico durante masticación, no encontrando diferencias entre hombres y mujeres.

Se ha estudiado también el efecto de la **morfología craneofacial** durante la función masticatoria. Distintos autores (Vianna-Lara y cols., 2009; Gomes y cols., 2010) han comparado la actividad EMG de los músculos temporal anterior y masetero entre sujetos braquifaciales, mesofaciales y dólicofaciales; los datos no demostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Sin embargo, existen diferencias cuando se han estudiado otros parámetros, como las características mecánicas, fuerza masticatoria y tamaño muscular (Raadsheer y cols., 1999; Sondang y cols., 2003; Boom y cols., 2008).

La información respecto a la actividad EMG del músculo esternocleidomastoideo durante la función masticatoria es escasa. Shimazaki y cols. (2006) compararon la actividad EMG unilateral de los músculos masetero y esternocleidomastoideo durante la masticación de chicle, encontrando que el músculo esternocleidomastoideo se activa antes y más prolongadamente que el músculo masetero; no observándose además cambios significativos en los movimientos realizados durante el ciclo masticatorio.

Existe una suposición comúnmente aceptada de que las fuerzas durante la masticación son generalmente menores que las obtenidas durante el máximo apretamiento dentario. Algunos autores (Gibbs y cols., 1981) relatan que la fuerza durante la fase de contacto oclusal de la masticación es alta, aproximadamente un 40% de la máxima fuerza masticatoria. Sin embargo, otros autores (Proeschel & Morneburg, 2002)

demonstraron que la relación actividad EMG/fuerza masticatoria está influenciada por el tipo de actividad muscular (por ejemplo dinámica versus estática).

6.4 Actividad electromiográfica y rechinar

El rechinar dentario es una actividad de gran interés para los dentistas debido a sus consecuencias: destrucción de los dientes, ruptura de restauraciones dentales o de rehabilitaciones orales, exacerbación de los TTM, inducción de cefalea tensional temporal y sonidos de molienda que pueden interferir con el sueño de los familiares (Lavigne y cols., 2008). Asimismo, poco se sabe acerca de las conductas orales parafuncionales en vigilia (Glaros y cols., 2005).

En los últimos años se han realizado una serie de investigaciones en sujetos sanos, con dentición natural, en los cuales se ha registrado la actividad EMG bilateral de músculos que integran la unidad cráneo-cérvico-mandibular (UCCM) durante rechinar dentario excéntrico (desde la posición intercuspal hasta la posición laterotrusiva en borde a borde) y durante rechinar dentario concéntrico (desde la posición laterotrusiva en borde a borde hasta la posición intercuspal). Los patrones EMG se estudiaron en dos grupos de sujetos, con guía canina bilateral y con función de grupo bilateral. Ninguno de los sujetos presentaba contacto dentario mediotrusivo durante el rechinar en el lado de trabajo. En la porción anterior del músculo temporal (Gutiérrez y cols., 2010) se observó un patrón de mayor actividad EMG en el lado de trabajo en comparación con el lado de no trabajo. En el músculo masetero (Campillo y cols., 2008) y en el músculo esternocleidomastoideo (Rodríguez y cols., 2011) no se observó una diferencia significativa en la actividad EMG entre el lado de trabajo y el lado de no trabajo durante condiciones de rechinar dentario.

Es importante mencionar que son muy escasos los estudios respecto a la influencia de un contacto mediotrusivo artificial durante rechinar excéntrico y concéntrico. En una publicación anterior (Baba, 1991) se estudió la influencia de un contacto oclusal artificial mediotrusivo en la función mandibular durante el deslizamiento lateral de la mandíbula (no rechinar). Se registró la actividad EMG del temporal anterior, posterior y del masetero. Se encontró que había una tendencia de aumento en la actividad del temporal posterior del lado de trabajo durante el deslizamiento lateral

excéntrico desde la posición intercuspal. La relación actividad del temporal del lado de trabajo/lado de no trabajo disminuyó durante el deslizamiento hacia la posición intercuspal. Hasta donde se sabe, no se han realizado estudios con respecto a la influencia de la colocación de un contacto oclusal molar artificial mediotrusivo en la actividad EMG de los músculos esternocleidomastoideos. En base a estos resultados, Trovato y cols. (2009) concluyeron que algunas características oclusales, como los contactos mediotrusivos, pueden afectar la actividad de los músculos masticatorios, pero no de una manera indiscutible (los efectos fueron observados en la actividad del músculo temporal pero no en el músculo masetero) y esto puede cambiar la naturaleza de las fuerzas aplicadas sobre los dientes y las ATM.

6.5 Actividad electromiográfica y trastornos temporomandibulares

Las bases teóricas detrás de la EMG en el diagnóstico de los TTM son debidas a la creencia de que los músculos dolorosos con espasmo tienen una actividad eléctrica aumentada. Sin embargo, la mayoría de los síntomas dolorosos, como el dolor miofascial o la mialgia mediada centralmente, no son el resultado de miospasmo, por lo que es cuestionable la asociación absoluta entre el dolor muscular y la alta actividad EMG (Okeson, 2013). Una pequeña cantidad de evidencia experimental sugiere un aumento de larga duración de la actividad EMG en pacientes que presentan dolor muscular experimental (Svensson & Graven-Nielsen, 2001).

En general, algunos estudios realizados con EMG han indicado algunas diferencias entre pacientes con TTM y controles sanos, como durante posición postural y actividad máxima, simetría bilateral, resistencia, la pendiente de las curvas de voltaje en tensión y la duración del periodo de silencio (Clark y cols., 1984; Naeije & Hansson, 1986; Shi, 1989). Sin embargo, la mayoría de esos estudios estaban basados en el registro de uno o dos músculos, en muestras heterogéneas de pacientes con variación de la severidad y tipo de TTM, lo cual hace dificultosa la repetitividad, comparación y aplicación clínica de los resultados. La mayoría carece de grupos de control emparejados en términos de por ejemplo, edad, género o historia de bruxismo (Suvinen & Kempainen, 2007).

Algunos estudios han explorado la relación entre la severidad de los TTM y la actividad EMG. Mazzetto y cols. (2014) encontraron una correlación entre la actividad EMG de los músculos masticatorios (temporal anterior y masetero) y la funcionalidad de estos músculos medida con el índice de disfunción, el cual se relaciona con los ruidos y la movilidad mandibular. Estos resultados se diferencian con lo relatado previamente por De Felício y cols. (2012) quienes encontraron una correlación inversamente significativa entre la actividad EMG de los músculos temporal anterior y masetero y la severidad del TTM percibida por los sujetos. Cabe señalar que este trabajo utilizó un protocolo con una escala numérica y una descripción sintomática más amplia, lo cual puede explicar las discrepancias.

Distintos estudios han demostrado que los protocolos EMG bien controlados para el examen de los músculos elevadores mandibulares muestran diferencias importantes entre los pacientes con TTM y los controles sanos. Tartaglia y cols. (2008) mostraron que la estandarización de la valoración de la actividad EMG permite una discriminación objetiva entre los subgrupos divididos por los CDI/TTM, diferenciando los sujetos sanos de los pacientes con disfunción articular y de los pacientes con alteración psicógena, pero no de los pacientes con alteraciones musculares. Por su parte, Castroflorio y cols. (2012) encontraron diferencias entre sujetos controles sanos y pacientes con TTM a nivel muscular. En relación con la fatiga muscular, un estudio reciente muestra un aumento en la fatiga muscular de los músculos temporal y masetero en proporción directa con la severidad de los síntomas de los pacientes con TTM, concluyendo que el uso de la EMG en la evaluación de la fatiga muscular es una excelente herramienta diagnóstica para identificar pacientes con TTM (Woźniak y cols., 2015).

En cuanto a la utilidad de la EMG en el diagnóstico y tratamiento de los TTM, Klasser y Okeson (2006) señalaron que, aunque la EMG de superficie podría inicialmente aparecer como una gran ayuda en esta área, se hacen necesarios esfuerzos para estandarizar los datos. Hasta ahora, el uso adecuado de la historia clínica, la palpación de los músculos y las ATM, y cuando sea necesario, el uso de técnicas de imagenología, continúan siendo las mediciones estándar para el diagnóstico de los TTM. Sin embargo, es importante señalar que el uso de EMG de superficie con propósitos de investigación tiene un importante mérito científico. Solamente bajo un meticuloso y adecuado control de las condiciones externas, es cuando el investigador puede aumentar su

conocimiento acerca de la actividad muscular y contribuir en el diagnóstico y tratamiento de los TTM (Kossioni & Karkazis, 1993; van Boxtel, 2001).

En un afán por mejorar la aplicabilidad de la EMG, se ha mencionado la necesidad de la normalización/estandarización de los registros EMG (Ferrario y cols., 2009). Para comparar los registros EMG entre sujetos diferentes, es necesario el relacionar todas las mediciones con la actividad eléctrica detectada durante la máxima contracción voluntaria. Este registro debiese ser con la misma configuración técnica (electrodos, agujas, instrumentos, etc.) usada para la recolección actual. Una limitación de la máxima contracción voluntaria en los registros es que ésta es una de las actividades que pueden ser registradas para la valoración clínica (Tartaglia y cols., 2008).

Se ha desarrollado un método para una simple y rápida normalización de la máxima contracción voluntaria que puede superar esta limitación (Ferrario y cols., 2000; Ferrario y cols., 2006). Esta consiste en solicitarle al paciente que realice un apretamiento máximo sobre dos rollos de algodón ubicados entre los segundos premolares. Durante el registro, los dientes no deben tocar, así es eliminada cualquier influencia derivada de la oclusión. Posteriormente, los registros son realizados con los contactos oclusales normales (o con algún tipo de modificación experimental o terapéutica). De esta manera, los datos normalizados informarán sobre la influencia de la oclusión en la actividad neuromuscular, eliminando la variabilidad individual (variaciones anatómicas, fisiológicas y psicológicas, entre otras) y las variaciones técnicas (diafonía, posición de los electrodos, etc.). Los valores de la actividad EMG normalizada han presentado buena repetitividad para permitir una diferenciación objetiva entre las diferentes categorías diagnósticas definidas de acuerdo con los CDI/TTM (Ferrario y cols., 2006).

IV. Justificación

Se ha puntualizado que el patrón de contacto oclusal influye en gran manera en el control muscular de la posición mandibular, por lo que se han descrito las características de la oclusión dentaria ideal a través de la presencia de los contactos funcionales óptimos. Dentro de éstos, se ha expresado que los contactos mediotrusivos pueden ser destructivos para el sistema masticatorio debido a la cantidad y dirección de las fuerzas que pueden aplicarse sobre la articulación y las estructuras dentales (Dawson, 1989; Manns y cols., 1989). Por lo que se considera que, claramente, los contactos mediotrusivos deben evitarse para conseguir una oclusión óptima. Sin embargo, otros estudios mostraron que estos contactos no causan mayores problemas (De Boever y cols., 2000), pudiendo ser incluso protectores (Minagi y cols., 1990). Por su parte, estudios EMG han señalado que este tipo de contacto tiende a reducir o inhibir la actividad muscular; no obstante, otras investigaciones EMG sugieren que la presencia de contactos mediotrusivos posteriores aumentan la actividad muscular (Okeson, 2013). En una reciente revisión, Abduo y Tennant (2015) señalan que si bien los contactos mediotrusivos ocurren frecuentemente de manera natural, la evidencia clínica acerca de sus consecuencias negativas es aún insuficiente.

El contacto mediotrusivo también se ha considerado como un factor de riesgo para el desarrollo de trastornos musculares, mostrando una asociación significativa con la presencia de dolor miofascial de acuerdo a los CDI/TTM (Landi y cols., 2004). En una revisión de la literatura (McNamara y cols., 1995) se ha establecido que la contribución de los factores oclusales en la caracterización multifactorial de los TTM es aproximadamente entre un 10% y un 20%, presentando una asociación contextual; no obstante, se debe señalar que no prueba una relación de causa-efecto. Por su parte, un estudio realizado en una muestra de 238 mujeres, mostró que el 51,9% de las pacientes con TTM muscular y un 21,9% de mujeres sanas presentaron contacto mediotrusivo (Fantoni y cols., 2010).

Como se puede apreciar, los antecedentes recién expuestos son muchas veces contradictorios y muestran que, de acuerdo a la evidencia científica disponible, es insuficiente la información respecto a la caracterización y los posibles efectos del contacto oclusal mediotrusivo, tanto en su relación con la variación de la actividad EMG como en su injerencia en los TTM. Más aun considerando que la gran mayoría de

los estudios se han realizado con contactos mediotrusivos artificiales, los que evalúan solamente el efecto inmediato sobre la neuromusculatura, sin considerar un periodo de adaptación y desconociendo lo que sucede con este fenómeno en el largo plazo. Por ello, una manera interesante para abordar este último punto sería utilizar como modelo de estudio el contacto oclusal mediotrusivo natural.

Con los datos expuestos, podemos apreciar la importancia de investigar esta característica oclusal en particular y sopesar su posible influencia en el cambio de los patrones EMG de los músculos mandibulares y cervicales, brindando una visión general de lo que ocurre en distintas cadenas musculares del sistema estomatognático.

Considerando que el tipo de tarea y la direccionalidad del movimiento mandibular varían el patrón de actividad EMG (Fuentes y cols., 2013; Häggman-Henrikson y cols., 2013), se hace necesario el explorarlo durante el desarrollo de una actividad funcional, como lo es la masticación de alimentos habituales de la dieta y con distintas características reológicas, así como también durante el desarrollo de una actividad parafuncional como es el rechinar dentario en diferentes direcciones. Esto debido a que las posiciones dinámicas de la mandíbula presentan un rol significativo para las actividades musculares siendo algunos músculos (temporal anterior y esternocleidomastoideo) más afectados que otros (Gutiérrez y cols., 2010; Rodríguez y cols., 2011; Abduo & Tennant, 2015).

Para determinar de manera más eficaz la posible influencia del contacto mediotrusivo natural, es preciso conocer primariamente como es el patrón de actividad EMG y el grado de asimetría muscular de los sujetos sanos sin alteraciones oclusales durante las actividades previamente descritas, para luego observar si hay diferencias con sujetos con las mismas características, pero que posean el contacto oclusal mediotrusivo natural.

Como ya fue puntualizado, algunos autores sugieren que el contacto mediotrusivo puede estar asociado con los TTM, por esto el paso siguiente de esta línea de investigación es conocer el patrón EMG de sujetos con TTM durante las mismas tareas y movimientos, donde algunos de ellos presenten el contacto mediotrusivo natural y otros no. Asimismo, evaluar el grado de coordinación muscular a través de índices estandarizados (Ferrario y cols., 2000; Ferrario y cols., 2006).

Teniendo en cuenta el conocimiento actual sobre el contacto mediotrusivo, nos parece interesante el efectuar una investigación que abarque distintos tipos de actividades, sobre cadenas musculares diferentes, que incluyan pacientes con TTM y sujetos sanos, bajo un protocolo de investigación comprobado y reproducible, con herramientas de diagnóstico validadas previamente por parte importante de la comunidad científica. Este nuevo conocimiento puede ayudar al investigador a conducir más específicamente sus procedimientos metodológicos dentro del campo de la rehabilitación oral, oclusión y ortodoncia, entre otros; y al clínico para explicar la sintomatología de la neuromusculatura de sus pacientes, dirigir el diagnóstico y posterior tratamiento de manera más individualizada y con base científica demostrada, principalmente cuando se enfrente a la interrogante sobre si mantener o eliminar un contacto oclusal mediotrusivo natural.

V. Hipótesis

La presencia de un contacto oclusal molar mediotrusivo natural no modifica los patrones de actividad electromiográfica y los índices de asimetría de los músculos temporal anterior y esternocleidomastoideo durante la masticación y el rechinamiento dentario en sujetos sanos. Por su parte, esta característica oclusal no produce un cambio en los patrones de actividad EMG y coordinación muscular en pacientes con trastornos temporomandibulares.

VI. Objetivos

Objetivo general.

Evaluar los patrones de actividad electromiográfica bilateral y los índices de coordinación de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos, en pacientes con trastornos temporomandibulares con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural y sujetos sanos sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural, durante la masticación y el rechinar dentario.

Objetivos específicos.

- Evaluar la existencia de diferencias en los patrones de actividad electromiográfica entre sujetos sanos con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural en el lado de trabajo y de no trabajo, durante la masticación de galleta y manzana en los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos (Estudio 1).
- Evaluar la existencia de diferencias en los patrones de actividad electromiográfica en sujetos sanos con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural entre el lado de trabajo y de no trabajo, durante la masticación de galleta y manzana en los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos (Estudio 1).
- Evaluar la existencia de diferencias en los índices de asimetría entre sujetos sanos con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural, durante la masticación de galleta y manzana en los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos (Estudio 1).
- Evaluar la existencia de diferencias en los patrones de actividad electromiográfica entre sujetos sanos con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural en el lado de trabajo y de no trabajo, durante el rechinar dentario excéntrico y concéntrico en los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos (Estudio 2).
- Evaluar la existencia de diferencias en los patrones de actividad electromiográfica en sujetos sanos con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural entre el lado de trabajo y de no trabajo, durante el rechinar dentario excéntrico y concéntrico en los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos (Estudio 2).
- Evaluar la existencia de diferencias en los índices de asimetría entre sujetos sanos con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural, durante el rechinar dentario

excéntrico y concéntrico en los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos (Estudio 2).

- Evaluar la existencia de diferencias en los patrones de actividad electromiográfica entre pacientes con trastornos temporomandibulares con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural y sujetos sanos sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural en el lado de trabajo y de no trabajo, durante la masticación de galleta y de manzana, y el rechinar dentario excéntrico y concéntrico en los músculos temporales anteriores, maseteros y esternocleidomastoideos (Estudio 3).

- Evaluar la existencia de diferencias en los patrones de actividad electromiográfica en pacientes con trastornos temporomandibulares con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural y sujetos sanos sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural, entre el lado de trabajo y de no trabajo, así como también entre las condiciones de masticación y entre las condiciones de rechinar en los músculos temporales anteriores, maseteros y esternocleidomastoideos (Estudio 3).

- Evaluar la existencia de diferencias en los índices de coordinación muscular entre pacientes con trastornos temporomandibulares con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural y sujetos sanos sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural, durante el rechinar dentario excéntrico y concéntrico en los músculos temporales anteriores y maseteros (Estudio 3).

- Determinar el grado de co-contracción muscular de los músculos esternocleidomastoideos durante el máximo apretamiento voluntario en posición intercuspal, en pacientes con trastornos temporomandibulares con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural y sujetos sanos sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural (Estudio 3).

VII. Material, Métodos y Resultados

El detalle del material y métodos, al igual que los resultados de la presente tesis, han sido publicados como artículos científicos originales en tres publicaciones independientes, en las siguientes revistas incluidas en el JCR*: *Acta Odontologica Scandinavica* y *CRANIO: The Journal of Craniomandibular & Sleep Practice*; con las referencias que se detallan:

1. Fuentes AD, Miralles R, Santander H, Gutiérrez MF, Bull R, Martin C. Effect of natural mediotrusive contact on electromyographic activity of jaw and cervical muscles during chewing. *Acta Odontol Scand*. 2015; 73(8):626-32.

DOI: 10.3109/00016357.2015.1030767

2. Fuentes AD, Martin C, Bull R, Santander H, Gutiérrez MF, Miralles R. Natural mediotrusive contact: does it affect the masticatory and neck EMG activity during tooth grinding? *Cranio*. 2015 Dec 29:1-7. Epub ahead of print.

DOI: 10.1179/2151090315Y.0000000025

3. Fuentes AD, Sforza C, Miralles R, Ferreira CL, Mapelli A, Lodetti G, Martin C. Assessment of electromyographic activity in patients with temporomandibular disorders and natural mediotrusive occlusal contact during chewing and tooth grinding. *Cranio*. 2016. In press.

DOI: 10.1080/08869634.2016.1173312

1. Estudio 1

Efecto del contacto oclusal mediotrusivo natural en la actividad electromiográfica de los músculos mandibulares y cervicales durante la masticación

Fuentes AD, Miralles R, Santander H, Gutiérrez MF, Bull R, Martin C. Effect of natural mediotrusive contact on electromyographic activity of jaw and cervical muscles during chewing. *Acta Odontol Scand.* 2015; 73(8):626-32.

Resumen

Objetivo. Este estudio evaluó el efecto de un contacto mediotrusivo natural en la actividad electromiográfica (EMG) de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos durante la masticación en sujetos sanos.

Material y métodos. La muestra del estudio incluyó dos grupos de 15 sujetos cada uno (Grupo 1: con contacto mediotrusivo natural; Grupo 2: sin contacto mediotrusivo natural). La actividad EMG de superficie bilateral fue registrada en los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos durante la masticación unilateral de una mitad de galleta y la masticación unilateral de un trozo de manzana. La actividad de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos fue normalizada respecto a la actividad registrada durante el máximo apretamiento voluntario en posición intercuspal y la máxima rotación intencional isométrica de la cabeza y el cuello hacia cada lado, respectivamente. También fueron calculados los índices de asimetría parcial y total. Los datos fueron analizados utilizando las pruebas de Mann-Whitney, Wilcoxon y el test-t no pareado.

Resultados. La actividad EMG los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos no mostró diferencia significativa entre los grupos. La actividad EMG los músculos temporales anteriores fue similar entre el lado de trabajo y de no trabajo durante la masticación en ambos grupos. La actividad EMG los músculos esternocleidomastoideos fue mayor en el lado de trabajo que en el lado de no trabajo en los sujetos del Grupo 2. Los índices de asimetría no fueron significativamente diferentes entre los grupos.

Conclusiones. El patrón EMG similar y los índices de asimetría observados sugieren la predominancia del control nervioso central por sobre las influencias periféricas en los grupos de las motoneuronas de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos.

ORIGINAL ARTICLE

Effect of natural mediotrusive contact on electromyographic activity of jaw and cervical muscles during chewing

ALER DANIEL FUENTES^{1,2}, RODOLFO MIRALLES², HUGO SANTANDER²,
MARIO FELIPE GUTIÉRREZ^{1,2}, RICARDO BULL³ & CONCHITA MARTÍN⁴

¹Institute for Research in Dental Sciences, Faculty of Dentistry, University of Chile, Santiago, Chile, ²Oral Physiology Laboratory, Biomedical Sciences Institute, Faculty of Medicine, University of Chile, Santiago, Chile, ³Department of Physiology and Biophysics, Biomedical Sciences Institute, Faculty of Medicine, University of Chile, Santiago, Chile, and ⁴Department of Stomatology IV, School of Dentistry, Complutense University of Madrid, Madrid, Spain

Abstract

Objective. This study evaluated the effect of a natural mediotrusive contact on the electromyographic (EMG) activity of the anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles during chewing in healthy subjects. **Materials and methods.** The study sample included two groups of 15 subjects each (Group 1: with natural mediotrusive contact; Group 2: without natural mediotrusive contact). Bilateral surface EMG activity was recorded on anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles during unilateral chewing of a half cookie and unilateral chewing of a piece of apple. Anterior temporalis and sternocleidomastoid muscle activity was normalized against activity recorded during maximal voluntary clenching in intercuspal position and maximal intentional isometric head–neck rotation to each side, respectively. The partial and total asymmetry indexes were also calculated. Data were analyzed using Mann-Whitney, Wilcoxon and unpaired *t*-test. **Results.** EMG activity of anterior temporalis and sternocleidomastoid muscles showed no significant difference between the groups. EMG activity of anterior temporalis was similar between working and non-working sides during chewing in both groups. EMG activity of sternocleidomastoid muscle was higher in the working side than in the non-working side in Group 2 subjects. Asymmetry indexes were not significantly different between groups. **Conclusions.** The similar EMG pattern and asymmetry indexes observed suggest the predominance of central nervous control over peripheral inputs on anterior temporalis and sternocleidomastoid motor neuron pools.

Key Words: Electromyography, mastication, masticatory muscles, neck muscles

Introduction

The effect of mediotrusive contacts on muscular activity has been a topic of debate for decades and its clinical relevance is still unclear. In the literature, the side toward which the mandible moves is called laterotrusive, working or functioning side, while the other side is called mediotrusive, non-working, balancing or non-functioning side [1].

According to the glossary of prosthodontic terms [2], non-working side occlusal contacts are defined as contacts of the teeth on the side opposite to the side toward which the mandible moves in articulation. The non-working side interference is an undesirable contact of the opposing occlusal surfaces on the

non-working side. In occlusion studies, however, clear distinction between mediotrusive contacts and occlusal interferences is not always done [3], frequently both concepts are used as synonymous.

Okeson [4] stated that mediotrusive contacts are differently perceived from other occlusal contacts by the central nervous system and should be avoided in developing an optimum functional occlusion. This agrees with the concept of mutually protected occlusion proposed by Schuyler [5] in the 1950s. It has been suggested that mediotrusive contacts can cause changes in the activation and coordination of jaw muscles [6]. Therefore, some authors have attributed a potential risk to occlusal interferences and recommended their elimination [7,8], while others suggest

Correspondence: Aler Daniel Fuentes, Institute for Research in Dental Sciences, Faculty of Dentistry, University of Chile, Sergio Livingstone Pohlhammer 943, Independencia, Santiago, Chile. Tel: +56 2 9781712. E-mail: aler.fuentes@odontologia.uchile.cl

(Received 4 October 2014; accepted 9 March 2015)

that this kind of contact does not cause major problems [3,9] and could even constitute a more protective than harmful element for the stomatognathic system [10].

A recent study [11] performed on 21 healthy subjects showed no difference in the EMG activity of the anterior temporalis (AT) muscles during chewing between natural dentition (without interference) and splints with a mediotrusive contact. Many studies performed using an artificial interference have only assessed the immediate effect on EMG activity without including long-term adaptation. Therefore, it is important to determine if a natural mediotrusive contact in well-adapted subjects influences the pattern of muscular activity.

In the present study we choose to record the activity of the AT muscle because it is an important closing and positioning muscle of the mandible [4]. In addition, the AT muscle is subjected to a fine proprioceptive control of its activity, since it presents a higher number of muscular spindles compared to the masseter muscle [12]. Cervical and jaw muscles show a close functional relationship in the cranio-cervical-mandibular system during jaw-opening/jaw-closing tasks [13] and during chewing tasks [14]. A different recruitment pattern during chewing has recently been reported for the sternocleidomastoid (SCM) and trapezius muscles; while SCM activity was observed in all cycles, trapezius activity was only observed in some cycles [14]. Therefore, it is important to know if the presence of a natural mediotrusive occlusal contact influences SCM activity.

EMG activity of AT muscles has been recorded during different chewing tests, but most of them were unilateral. As far as we know, SCM activity has mainly been recorded unilaterally during gum chewing [14–16]. Therefore, information on bilateral muscle activity of jaw and cervical muscles during habitual chewing is still lacking. The hypothesis was that the presence of a natural mediotrusive contact modifies the EMG activity pattern and the asymmetry indexes. The aim of this study was to evaluate the patterns of EMG activity and the asymmetry indexes of AT and SCM muscles in healthy subjects with and without a natural mediotrusive contact during chewing.

Materials and methods

Sample studied

The study was carried out in a group of 15 subjects with mediotrusive contact (Group 1: eight males and seven females, mean = 20.4 ± 1.3 years) and a group of 15 subjects without mediotrusive contact (Group 2: five males and 10 females, mean = 20.1 ± 1.2 years). In our study mediotrusive contact was defined as an occlusal contact between support cusps of the natural second molars on the non-working side during a

slightly forced lateral excursive jaw displacement, which did not interfere with the occlusal contact during laterotrusive guidance movement on the working side.

This occlusal feature was identified by a 50 mm thick polyester strip (Hawe Striproll® 687, KerrHawe SA, Switzerland) within the first millimeters of the lateral excursion [17]. We considered the contact between the second molars, since it is the most prevalent [18]. In order to homogenize the laterotrusive movement, subjects were instructed to maintain the intensity and direction of the jaw displacement. Jaw movement was checked in all subjects by the same examiner.

To determine the working side (WS), each subject was asked about the side more frequently used during chewing. If the subjects had no clear preference, they had to chew a piece of apple to visually determine the WS. Group 1 only included subjects with a mediotrusive occlusal contact on the opposite side to the more frequently used for chewing. All subjects had complete natural dentition (excluding third molars), protrusive incisive guidance, Angle Class I, laterotrusive canine guidance or group function, normal overjet and overbite, no unilateral or bilateral crossbite, alternating unilateral chewing pattern, no prior orthodontic treatment, no history of orofacial pain or craniomandibular-cervical-spinal disorders, no history of cervical or dental trauma or fractured teeth and no large restorations, which involved the incisal edge or one or more cusps. None of the subjects were on medications that could influence muscle activity and none reported systemic diseases or showed clinically apparent facial asymmetry. The subjects were enrolled among students from the Faculty of Dentistry or the Faculty of Medicine from the University of Chile, during a period of 12 weeks. All experimental procedures were conducted in accordance with the Helsinki Declaration of 1975, as revised in 1983, and approved by The Ethics Committee of the Faculty of Dentistry, University of Chile (number 2012/07). Informed consents were obtained from all participants.

Electromyographic recording

Bipolar surface electrodes (BioFLEX: BioResearch Associates, Inc., Brown Deer, WI) were located on the right and left AT and SCM muscles. The skin area was cleaned with alcohol to reduce skin impedance and to enhance the signal-to-noise ratio. The lower electrode was placed on the AT muscles 1 cm above the zygomatic arch and 1.5 cm behind the orbital border. The upper electrode was placed 1.5 cm over the lower electrode and parallel to the main direction of muscle fibers [19]. The electrodes were placed on the SCM muscles in the anterior border (middle portion), 1 cm above and below the motor point [20].

A surface ground electrode was attached to the forehead.

EMG activity was recorded using a 4-channel computerized instrument in which the signals were amplified (Model 7P5B preamplifier, Grass Instrument Co., Quincy, MA), filtered (10 Hz high pass and 2 kHz low pass), with a common mode rejection ratio higher than 100 dB. The output was filtered again (notch frequency of 50 Hz), full-wave rectified and then integrated (time constant of 0.33 s) and recorded online on a computer exclusively dedicated to acquisition and processing of EMG signals. EMG signal was acquired at a sample rate of 200 Hz (50 Hz each channel) with a 12 bits A/D converter (MAX191) connected to the computer through an RS-232 port. The system was calibrated before each record.

Test foods

The foods chosen for chewing tasks were cookies (Kuky clásica, Nestlé® Chile) and raw apple with peel (variety Pink Lady). Each cookie was cut into halves (4 cm × 2 cm × 1.4 cm) and the apple was cut into pieces of 3 cm × 2.5 cm × 2 cm. The size of pieces of cookie and apple were similar in order to decrease this effect. These two test foods were chosen because they present different hardness and texture, which may affect the muscle activity.

Experimental procedures

Bilateral EMG activity was recorded while the subject was sitting, with his/her head in the postural position and the eyes open looking straight ahead. The seated position was chosen to register EMG activity because it allowed researchers a better standardization of the recordings. Each subject underwent three EMG recordings of AT and SCM muscles during the following tasks: unilateral chewing of a half cookie (Cookie) and unilateral chewing of a piece of apple (Apple).

AT and SCM muscle activity was normalized against activity recorded during maximal voluntary clenching in intercuspal position and maximal intentional isometric head-neck rotation to each side, respectively. EMG activity was recorded during 5 s. Before performing the maximal isometric head-neck rotation, the subject was instructed to avoid shoulder movements; then, EMG activity was recorded, while his head was blocked by one of the researchers [21]. During cookie and apple chewing, participants chewed one piece of food and performed habitual chewing on the WS. Three trials were made for each type of food and a new piece was given for each trial. Each subject placed a piece of test food in his/her mouth before starting the EMG recording.

No trial lasted more than 15 s. To avoid muscular fatigue, a rest period of 1 min between each trial was

allowed. In addition, a 3 min resting period between tasks was included [19]. In each chewing task, mean EMG activity was obtained over at least 8.4 s of continuous recording, the minimum time of stable EMG signal obtained. This selected frame was measured every 0.1 s and later averaged with purpose-designed software. The mean value of the three trials at each task for each subject and each muscle was normalized based on the formula used by Okano et al. [22]:

Normalized Muscular Activity (NMA) ratio = EMG recorded during each chewing task/EMG recorded during standardization task.

In order to quantify asymmetrical masticatory muscle activity, the partial and total asymmetry index (AI) was calculated according to Naeije et al. [23]:

Partial AI = (WS muscle – NWS muscle)/(WS muscle + NWS muscle)%,

Total AI = (WS SCM + WS AT – NWS SCM – NWS AT)/(WS SCM + WS AT + NWS SCM + NWS AT)%

The AI may vary between –100 and +100%. Negative numbers show the predominance of the NWS muscle, while positive numbers indicate WS muscle predominance. A zero value reflects a similar muscular activity between NWS and WS.

Statistical analysis

Estimated sample size for two-sample comparison of means with statistical power of 80% was used.

The Shapiro-Wilk test was applied to determine the normality of the sample. EMG activity data presented a non-normal distribution; therefore, the Mann-Whitney U-test was used to compare between groups and the Wilcoxon signed rank-sum test was used to compare between sides. After the AI calculation, data presented a normal distribution and the unpaired *t*-test was used to compare groups. The ANOVA for repeated measures test was used to test EMG measurement reproducibility.

Significance was set at $p < 0.05$. The data were analyzed using SPSS software (IBM SPSS Statistics® v19).

Results

Reproducibility of EMG recordings was assessed from repeated measurements (three trials) obtained from different subjects over different days. ANOVA results showed no systematic differences ($p > 0.05$). Figures 1 and 2 show EMG activity recorded in AT and SCM muscles, respectively. The comparison of normalized EMG activity between Groups 1 and 2 in the working and in the non-working sides during cookie and apple chewing is shown in Table I. No significant difference was found in AT muscle and in SCM muscle ($p > 0.05$).

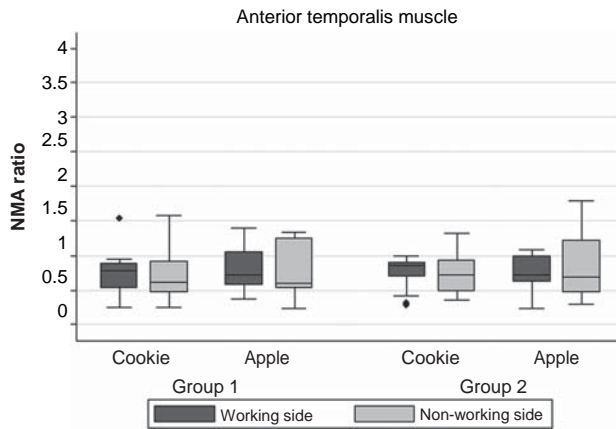


Figure 1. Box plot graph showing median and IQ range of anterior temporalis EMG activity on group with mediotrusive contact (Group 1) and without mediotrusive contact (Group 2) on working and non-working sides recorded during unilateral chewing of a half cookie (Cookie) and unilateral chewing of a piece of apple (Apple). Normalized Muscular Activity (NMA) ratio = EMG recorded during chewing/EMG recorded during maximal voluntary clenching in intercuspal position.

The comparison of EMG activity from AT muscle between working and non-working sides in Groups 1 and 2 during both chewing tasks showed no significant difference ($p > 0.05$), as depicted in Table I.

The comparison of EMG activity from SCM muscle between working and non-working sides in Group 1 showed no significant difference ($p > 0.05$), whereas significant differences were observed for Group 2 (without mediotrusive contact), showing a higher activity on the working side than non-working side during cookie and apple chewing, as shown in Table I. In regard to AI, Table II shows the comparisons between Groups 1 and 2 during both chewing tasks. No significant difference was observed in the partial

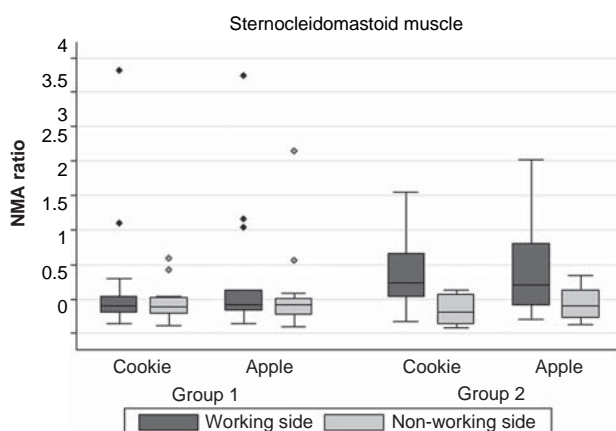


Figure 2. Box plot graph showing median and IQ range of sternocleidomastoid EMG activity on group with mediotrusive contact (Group 1) and without mediotrusive contact (Group 2) on working and non-working sides recorded during unilateral chewing of a half cookie (Cookie) and unilateral chewing of a piece of apple (Apple). Normalized Muscular Activity (NMA) ratio = EMG recorded during chewing/EMG recorded during maximal intentional isometric head-neck rotation to each side.

and total AI during cookie and apple chewing ($p > 0.05$).

Discussion

This study evaluated the effect of a natural mediotrusive occlusal contact on the activity of jaw and cervical muscles during chewing. The main finding of this study was a similar pattern of EMG activity and similar asymmetry indexes between subjects with and without a natural mediotrusive occlusal contact in both AT and SCM muscle pairs.

The similar EMG activity observed between both groups in the working side and non-working side, during cookie and apple chewing, suggests the predominance of central supra-segmentary control in the motor neuron pool that controls AT or SCM muscles over peripheral feedback mechanisms [24].

Most of the investigations have been conducted to evaluate the immediate influence on the muscular activity produced by the insertion of an artificially occlusal interference (as splint or onlay), without including long-term adaptation. Ethical concerns regarding the potential damage that artificial interference could produce on the subject [25] make natural mediotrusive contact a good model to study this phenomenon. It should be noted that research about the effect of a mediotrusive contact on the SCM muscle activity is scarce, making it difficult to compare our results.

This is, probably, the first study that compares, in well-adapted healthy subjects with and without a natural molar mediotrusive contact, the effect of this occlusal feature on bilateral EMG activity of the AT and SCM muscles during habitual food chewing.

The similar EMG activity of AT muscle between working side and non-working side is in disagreement with the report of Nishigawa et al. [6], who observed higher activity in AT muscle of the working side compared to the non-working side during gum chewing in subjects with and without natural mediotrusive contact. This disparity may be explained at least by three reasons: (a) the different material chewed, cookie, apple and gum, which possess different rheological characteristics that could have differential influence on EMG activity; (b) in Nishigawa's study the comparison between WS and NWS was not performed, only the asymmetry index was calculated; and (c) the conditions used in our work, i.e. natural mediotrusive contact, habitual chewing side and common foods, possibly diminished the intensity of peripheral feedbacks, allowing the predominance of central nerve circuits during chewing [26,27].

SCM muscle showed higher EMG activity on the working side in the group without mediotrusive contact. This result agrees with Kohno et al. [15], who recorded bilateral EMG activity during gum chewing.

Table I. Comparison of normalized EMG activity between Group 1 and Group 2, and between working side and non-working side, recorded during unilateral chewing.

	Muscle	Test food	WS	NWS	<i>p</i> -value	
					WS vs NWS [†]	
					Group 1	Group 2
Group 1	AT	Cookie	0.395	0.576	0.650	0.609
vs Group 2 [‡]		Apple	0.868	0.803	0.776	0.394
	SCM	Cookie	0.065	0.604	0.955	0.009*
	SCM	Apple	0.152	0.983	0.649	0.011*

AT, anterior temporalis; SCM, sternocleidomastoid; Cookie, chewing of a half cookie; Apple, chewing of a piece of apple; WS, working side; NWS, non-working side.

[‡]Mann-Whitney *U*-test; [†]Wilcoxon signed rank-sum test; *Significant difference at $p < 0.05$.

It is noteworthy that the principal role of the SCM during unilateral contraction is to tilt the head towards the ipsilateral side and to rotate the head to the contralateral side [28]. Therefore, this muscle could be more sensitive to changes in jaw posture during chewing, resulting in an increase of EMG activity in the working side.

During chewing, Kohno et al. [15] found high EMG activity in SCM muscle near the mastoid insertion and low activity at the middle part of this muscle. This is relevant, since in our study the electrodes were located in the middle portion of the SCM muscle. The lack of responsiveness in the mediotrusive contact (Group 1) may be due to the fact that this feature provides a contact point that balances the jaw movement, which may cause a biomechanical change with smaller motor unit recruitment, explaining the reduced EMG activity on the working side.

It is important to point out that the concomitant activation of SCM muscle during chewing may serve a role in stabilizing the head in space while jaw muscles move the mandible to achieve a finely controlled tridimensional movement pattern, with optimal force, to accomplish food-crushing and transport for preparing to swallow [14,16,28,29]. This also supports

the concept of a functional trigemino-cervical coupling during jaw activities [13].

Although a natural mediotrusive occlusal contact should not initially interfere with the laterotrusive guidance during chewing movement (all subjects had a functional canine guidance or group function), when occlusal contact takes place on both sides (in Group 1) a change in the normal rhythmic cycle of chewing could occur and, consequently, a change in the muscular engram, which represents a muscle formula for particular mandibular placement in all three dimensions [30].

From an overall point of view our results support the idea of functional and/or structural adaptation mechanisms in the cranio-cervical-mandibular system, upon the presence or absence of natural mediotrusive occlusal contacts. This is in line with the idea that biological systems cannot be viewed as rigid and immutable [31,32].

In relation to partial and total AI, results did not show differences between the groups studied. This result agrees with Pröschel et al. [33], who found that during gum chewing muscular activity was symmetric, because there was no significant difference between working and non-working sides. It is

Table II. Comparison of normalized partial and total asymmetry index between Group 1 and Group 2 recorded during unilateral chewing.

AI	Test food	Group 1		Group 2		95% CI	<i>p</i> -value*
		Mean (%)	SD	Mean (%)	SD		
AT	Cookie	2.6	21.8	1.5	14.3	-14.8 to 12.7	0.877
SCM	Cookie	5.8	32.7	31.2	38.0	-1.1 to 51.9	0.060
AT	Apple	0.8	19.6	-2.1	18.2	-17.2 to 11.1	0.661
SCM	Apple	10.0	36.9	26.4	35.2	-10.6 to 43.3	0.225
Total	Cookie	6.0	24.0	14.8	23.6	-9.0 to 26.6	0.323
Total	Apple	5.6	24.1	11.8	22.2	-11.2 to 23.4	0.477

AI, asymmetry index; AT, anterior temporalis; SCM, sternocleidomastoid; Cookie, chewing of a half cookie; Apple, chewing of a piece of apple.

*Unpaired *t*-test.

important to note that these authors used the same ratio EMG activity of AT muscle in healthy subjects without mediotrusive contacts. Our result, however, disagree with Blanksma and van Eijden [34], who recorded unilateral EMG activity of AT muscle in subjects without mediotrusive contacts during right and left chewing. They found that working-condition muscle regions were significantly more active than balancing-condition muscle regions.

During clenching tasks in intercuspal position a more symmetrical activation of the muscle pairs is expected. We considered, however, it important to check the activation magnitude of jaw and neck muscles during chewing, a dynamic task, allowing us to compare the work efforts of chewing task between working and non-working sides for each muscle [6].

The present study has at least three limitations: (a) retruded contact position/intercuspal position (RCP/IP) relationship was not recorded. In Ramfjord's [35] study, an occlusal discrepancy between RCP and IP demonstrated an asymmetrical, so-called unharmonious pattern of muscular activity during a functional condition. Clark and Evans [36] pointed out that no proper description of 'normal' EMG activity in masticatory muscles exists; (b) it is not possible to determine if the normal EMG pattern changed when the mediotrusive contact started and if it returned to a normal pattern in the long-term; and (c) the influence of a mediotrusive contact on other jaw muscles (as masseter), by which future studies that will address these issues are required.

Within the above-mentioned limitations of our study, we rejected our hypothesis because there is no difference in the EMG activity pattern and asymmetry index of the AT and SCM muscles between healthy subjects with and without a natural mediotrusive occlusal contact.

In this study we did not find that the presence of a natural mediotrusive contact causes an alteration of the EMG patterns and muscular symmetry in AT and SCM muscles. It is, however, important to note that these results are applicable only to well-adapted healthy individuals and cannot be extrapolated to patients that develop myofascial pain.

Acknowledgments

The authors wish to express their gratitude to all the volunteers and staff at the Oral Physiology Laboratory, Faculty of Medicine, University of Chile. We also gratefully acknowledge the financial support from the Faculty of Dentistry, University of Chile.

Declaration of interest: The authors report no conflicts of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of the paper.

References

- [1] Marklund S, Wänman A. A century of controversy regarding the benefit or detriment of occlusal contacts on the mediotrusive side. *J Oral Rehabil* 2000;27:553–62.
- [2] The academy of prosthodontics. The glossary of prosthodontic terms. *J Prosthet Dent* 2005;94:10–92.
- [3] De Boever JA, Carlsson GE, Klineberg IJ. Need for occlusal therapy and prosthodontic treatment in the management of temporomandibular disorders. Part I. Occlusal interferences and occlusal adjustment. *J Oral Rehabil* 2000;27:367–79.
- [4] Okeson JP. Management of temporomandibular disorders and occlusion. 6th edn. St. Louis, Missouri: Mosby Editorial, Elsevier; 2008. p 107.
- [5] Schuyler CH. Factors of occlusion applicable to restorative dentistry. *J Prosthet Dent* 1953;3:772–82.
- [6] Nishigawa K, Nakano M, Bando E. Study of jaw movement and masticatory muscle activity during unilateral chewing with and without balancing side molar contacts. *J Oral Rehabil* 1997;24:691–6.
- [7] Dawson PE. Evaluation, diagnosis and treatment of occlusal problems. St Louis: CV Mosby; 1974.
- [8] Kirveskari P, Jamsa T, Alanen P. Occlusal adjustment and the incidence of demand for temporomandibular disorder treatment. *J Prosthet Dent* 1998;79:433–8.
- [9] Ogawa T, Koyano K, Tsukiyama M, Tsukiyama Y, Sumiyoshi K, Suetsugu T. Difference in the mechanism of balancing-side disclusion between 1st and 2nd molars. *J Oral Rehabil* 1998;25:430–5.
- [10] Minagi S, Watanabe H, Sato T, Tsuru H. Relationship between balancing-side occlusal contact patterns and temporomandibular joint sounds in humans: Proposition of the concept of balancing-side protection. *J Craniomandib Disord* 1990;4:251–6.
- [11] Eberhard L, Braun S, Wirth A, Schindler HJ, Hellmann D, Giannakopoulos NN. The effect of experimental balancing interferences on masticatory performance. *J Oral Rehabil* 2014;41:346–52.
- [12] Türker KS. Reflex control of human jaw muscles. *Crit Rev Oral Biol Med* 2002;13:85–104.
- [13] Eriksson PO, Zafar H, Nordh E. Concomitant mandibular and head-neck movements during jaw opening-closing in man. *J Oral Rehabil* 1998;25:859–70.
- [14] Häggman-Henrikson B, Nordh E, Eriksson PO. Increased sternocleidomastoid, but not trapezius, muscle activity in response to increased chewing load. *Eur J Oral Sci* 2013; 121:443–9.
- [15] Kohno S, Yoshida K, Kobayashi H. Pain in the sternocleidomastoid muscle and occlusal interferences. *J Oral Rehabil* 1988;15:385–92.
- [16] Shimazaki K, Matsubara N, Hisano M, Soma K. Functional relationships between the masseter and sternocleidomastoid muscle activities during gum chewing: The effect of experimental muscle fatigue. *Angle Orthod* 2006;76:452–8.
- [17] Chiappe G, Fantoni F, Landi N, Biondi K, Bosco M. Clinical value of 12 occlusal features for the prediction of disc displacement with reduction (RDC/TMD Axis I group IIa). *J Oral Rehabil* 2009;36:322–9.
- [18] Ogawa T, Ogimoto T, Koyano K. Validity of the examination method of occlusal contact pattern relating to mandibular position. *J Dent* 2000;28:23–9.
- [19] Fuentes AD, Martínez K, Miralles R, Gutiérrez MF, Santander H, Fresno MJ, et al. Electromyographic activity during awake tooth grinding tasks at different jaw posture in the sagittal plane. *Acta Odontol Scand* 2013;71:917–22.
- [20] Rodríguez K, Miralles R, Gutiérrez MF, Santander H, Fuentes A, Fresno MJ, et al. Influence of tooth clenching and grinding on bilateral sternocleidomastoid EMG activity. *Cranio* 2011;29:14–22.

- [21] Ferrario VF, Tartaglia GM, Galletta A, Grassi GP, Sforza C. The influence of occlusion on jaw and neck muscle activity: a surface EMG study in healthy young adults. *J Oral Rehabil* 2006;33:341–8.
- [22] Okano N, Baba K, Igarashi Y. Influence of altered occlusal guidance on masticatory muscle activity during clenching. *J Oral Rehabil* 2007;34:679–84.
- [23] Naeije M, McCarroll RS, Weijs WA. Electromyographic activity of the human masticatory muscles during submaximal clenching in the inter-cuspal position. *J Oral Rehabil* 1989;16:63–70.
- [24] Morquette P, Lavoie R, Fhima MD, Lamoureux X, Verdier D, Kolta A. Generation of the masticatory central pattern and its modulation by sensory feedback. *Prog Neurobiol* 2012;96:340–55.
- [25] Xie Q, Li X, Xu X. The difficult relationship between occlusal interferences and temporomandibular disorder - insights from animal and human experimental studies. *J Oral Rehabil* 2013;40:279–95.
- [26] Nakamura Y, Katakura N. Generation of masticatory rhythm in the brainstem. *Neurosci Res* 1995;23:1–19.
- [27] Moore JD, Kleinfeld D, Wang F. How the brainstem controls orofacial behaviors comprised of rhythmic actions. *Trends Neurosci* 2014;37:370–80.
- [28] Hellmann D, Giannakopoulos NN, Schmitter M, Lenz J, Schindler HJ. Anterior and posterior neck muscle activation during a variety of biting tasks. *Eur J Oral Sci* 2012;120:326–34.
- [29] Eriksson PO, Häggman-Henrikson B, Nordh E, Zafar H. Co-ordinated mandibular and head-neck movements during rhythmic jaw activities in man. *J Dent Res* 2000;79:1378–84.
- [30] Lerman MD. The muscle engram: The reflex that limits conventional occlusal treatment. *Cranio* 2011;29:297–303.
- [31] Soboļeva U, Laurip a L, Slaidip a A. The masticatory system - an overview. *Stomatologija* 2005;7:77–80.
- [32] Mohl ND. Introduction to occlusion. In Mohl ND, Zarb GA, Carlsson GE, Rugh JD, editors. *A textbook of occlusion*. Chicago: Quintessence Publishing Co. Inc.; 1988. p 15–24.
- [33] Pröschel PA, Jamal T, Morneburg TR. Motor control of jaw muscles in chewing and in isometric biting with graded narrowing of jaw gape. *J Oral Rehabil* 2008;35:722–8.
- [34] Blanksma NG, van Eijden TM. Electromyographic heterogeneity in the human temporalis and masseter muscles during static biting, open/close excursions, and chewing. *J Dent Res* 1995;74:1318–27.
- [35] Ramfjord SP. Bruxism, a clinical and electromyographic study. *J Am Dent Assoc* 1961;62:21–44.
- [36] Clark JR, Evans RD. Functional occlusion: I. A review. *J Orthod* 2001;28:76–81.

2. Estudio 2

Contacto mediotrusivo natural: ¿afecta la actividad EMG masticatoria y cervical durante el rechinar dentario?

Fuentes AD, Martin C, Bull R, Santander H, Gutiérrez MF, Miralles R. Natural mediotrusive contact: does it affect the masticatory and neck EMG activity during tooth grinding? *Cranio*. 2015 Dec 29;1-7. Epub ahead of print.

Resumen

Objetivo. Existe un escaso conocimiento en relación a la influencia del contacto mediotrusivo natural en la actividad muscular mandibular y cervical. El propósito de este estudio fue el analizar la actividad EMG de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos durante el rechinar dentario en sujetos sanos con y sin un contacto oclusal mediotrusivo natural.

Método. Participaron quince sujetos con contacto oclusal mediotrusivo natural (Grupo 1) y quince sujetos sin contacto oclusal mediotrusivo natural (Grupo 2). Se registró la actividad EMG de superficie bilateral de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos durante las condiciones de rechinar dentario unilateral excéntrico y concéntrico. La actividad EMG fue normalizada en relación a la actividad registrada durante el máximo apretamiento voluntario en posición intercuspal para los músculos temporales anteriores y durante la máxima rotación intencional isométrica hacia cada lado, para los músculos esternocleidomastoideos.

Resultados. La actividad EMG de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos no mostró diferencias significativas entre los grupos. La actividad EMG de los músculos temporales anteriores fue mayor en el lado de trabajo que en el lado de no trabajo en el Grupo 1 durante el rechinar concéntrico (0,492 vs. 0,047), mientras que no se observaron diferencias en el Grupo 2. La actividad EMG de los esternocleidomastoideos fue similar entre el lado de trabajo y de no trabajo en ambos grupos y condiciones. Los índices de asimetría no fueron significativamente diferentes entre ambos grupos.

Discusión. Estos hallazgos en sujetos sanos apoyan la hipótesis que durante el rechinar dentario en vigilia, el control nervioso central predomina sobre las influencias periféricas y refuerza la idea de una asociación funcional entre los grupos de motoneuronas que controlan los músculos mandibulares y cervicales.

Natural mediotrusive contact: does it affect the masticatory and neck EMG activity during tooth grinding?

Aler D. Fuentes DDS, MSc, PhD(c)^{1,2}, Conchita Martin DDS, MSc, PhD³, Ricardo Bull MD⁴, Hugo Santander DDS², Mario F. Gutiérrez DDS^{1,2}, Rodolfo Miralles DDS²

¹Institute for Research in Dental Sciences, Faculty of Dentistry, University of Chile, Santiago, Chile,

²Oral Physiology Laboratory, Biomedical Sciences Institute, Faculty of Medicine, University of Chile, Santiago, Chile, ³Department of Stomatology IV, School of Dentistry, Complutense University of Madrid, Spain,

⁴Department of Physiology and Biophysics, Biomedical Sciences Institute, Faculty of Medicine, University of Chile, Santiago, Chile

Objectives: There is scarce knowledge regarding the influence of a natural mediotrusive contact on mandibular and cervical muscular activity. The purpose of this study was to analyze the EMG activity of the anterior temporalis (AT) and sternocleidomastoid (SCM) muscles during awake grinding in healthy subjects with or without a natural mediotrusive occlusal contact.

Method: 15 subjects with natural mediotrusive occlusal contact (Group 1) and 15 subjects without natural mediotrusive occlusal contact (Group 2) participated. Bilateral surface EMG activity of AT and SCM muscles was recorded during unilateral eccentric or concentric tooth grinding tasks. EMG activity was normalized against the activity recorded during maximal voluntary clenching in intercuspal position (IP) for AT muscles and during maximal intentional isometric head-neck rotation to each side, for SCM muscles.

Results: EMG activity of AT and SCM muscles showed no statistical difference between groups. EMG activity of AT muscle was higher in the working side (WS) than in the non-WS (NWS) in Group 1 during concentric grinding (0.492 vs 0.331, $p=0.047$), whereas no difference was observed in Group 2. EMG activity of SCM was similar between working and NWSs in both groups and tasks. Asymmetry indexes (AIs) were not significantly different between groups.

Discussion: These findings in healthy subjects support the assumption that during awake tooth grinding, central nerve control predominates over peripheral inputs, and reinforce the idea of a functional link between the motor-neuron pools that control jaw and neck muscles.

Keywords: Electromyography, Masticatory muscles, Neck muscles, Jaw movement, Dental occlusion, Tooth grinding, Natural mediotrusive occlusal contact

Introduction

Tooth grinding is an activity of major concern for dentists due to its many clinical implications: destruction of tooth structure,¹ damage and/or fracture of dental rehabilitation, headache, exacerbation of temporomandibular disorders, and/or induction of temporalis muscle tension and grinding sounds that

may also interfere with the sleep of family or life partners² and with awake activity of the individual.

Classically, the side toward which the mandible moves is called laterotrusive or working side (WS), while the other side is called mediotrusive or non-working side (NWS).³

According to the glossary of prosthodontic terms,⁴ NWS occlusal contacts are defined as contacts of the teeth on the side opposite to the side toward which the mandible moves in articulation. Mediotrusive interferences on the NWS, either natural or artificial, could represent an undesirable contact. It has been

Correspondence to: A. D. Fuentes, Institute for Research in Dental Sciences, Faculty of Dentistry, University of Chile, Street Sergio Livingstone Pohlhammer 943, Independencia, Santiago, Chile. Email: aler.fuentes@odontologia.uchile.cl

suggested that mediotrusive contacts are differently perceived by the central nervous system and therefore should be avoided in developing an optimum functional occlusion.⁵ This theory agrees with the concept of mutually protected occlusion proposed by Schuyler⁶ in the fifties. Since mediotrusive contacts can modify activation and coordination of jaw muscles,^{7,8} some authors have attributed a potential risk to occlusal interferences and recommended their elimination.^{9–11} Other authors, however, propose that this kind of contact does not cause major problems,^{12,13} or could be a more protective than harmful element for the stomatognathic system.¹⁴

As occlusal stability is relevant to muscular performance; several investigators have inserted artificial interferences and investigated its impact on EMG activity during maximal voluntary clenching, finding changes in EMG pattern, and asymmetry index (AI).^{15,16} However, little is known about the influence of a natural mediotrusive occlusal contact on EMG activity of jaw and neck muscles during tooth grinding.

Several studies have been performed in healthy subjects with natural dentition in order to assess the influence of eccentric and concentric grinding on EMG activity of the cranio-cervical-mandibular muscles,^{17–19} although, none of the subjects had a mediotrusive occlusal contact in the NWS. To the authors' knowledge, studies about the influence of a natural mediotrusive occlusal contact on the EMG activity of jaw and neck muscles have not been performed during tooth grinding.

In this work, the authors chose to record the activity of the anterior temporalis (AT) muscle because it is a mandibular postural muscle that allows wide movements and great range of adjustment for maintaining the stability of the mandible and controlling jaw movements in the excursive function.^{20–22} This muscle presents a higher number of muscular spindles than the masseter muscle, related with the fine proprioceptive control of the mandible.²³ In addition, the sternocleidomastoid (SCM) muscle was recorded because it functions as a chief of balancing muscles of the head,²⁴ and also plays an important role during the different functions of the cranio-cervical-mandibular system.^{25–27} Connections between neck motoneurons and trigeminal afferents should allow critical trigeminal modulation of head-neck movements in specific tasks, which support the concept of a functional trigeminal-cervical coupling during jaw activities.²⁸ Therefore, it is important to know if the presence of a natural mediotrusive occlusal contact influences AT and/or SCM muscle activity.

Asymmetrical malocclusion could produce an altered neuromuscular coordination, with abnormal muscular patterns in the masticatory muscles.²⁹ Therefore, it is important to explore the influence of unilateral mediotrusive contact in the muscular asymmetry using the AI.

The hypothesis of the present study is that subjects with or without a natural mediotrusive occlusal contact differ neither in EMG activity nor in AI. Therefore, the aim of the present work was to evaluate the EMG activity and AI of AT and SCM muscles in healthy subjects with or without a natural mediotrusive occlusal contact during eccentric and concentric tooth grinding.

Materials and Methods

Subjects

This study included 30 healthy subjects. Group 1 consisted of 15 subjects (eight males and seven females, mean age: 20.4±1.3 years), which presented a unilateral mediotrusive molar occlusal contact during laterotrusive jaw displacement. Group 2 consisted of 15 subjects (five males and ten females, mean age: 20.1±1.2 years) without mediotrusive molar occlusal contact.

All participants had complete natural dentition (excluding third molars), protrusive incisive guidance, overjet and overbite ranging from 2 to 4 mm, Angle Class I molar relationship; and did not present unilateral or bilateral crossbite, prior orthodontic treatment, history or actual presence of orofacial pain, temporomandibular or cervical disorders, history of spinal, cervical or dental trauma or fractured teeth, or large restorations, which involved the incisal edge of one or more cusps. None of the subjects were on medication that could influence muscle activity and none reported systemic diseases or showed clinically apparent facial asymmetry. None of the subjects had a self-reported habit or diagnosis of bruxism, presented facial pain, muscular hypertrophy, or coincident opposite tooth attrition signs.³⁰

Participants were recruited among students from the Faculty of Dentistry and the Faculty of Medicine of the University of Chile.

Mediotrusive occlusal contact was defined as an occlusal contact between support cusps of the natural second molars on the NWS during a slightly forced lateral excursive jaw displacement, which did not interfere with the occlusal contact during laterotrusive guidance movement on the WS. This occlusal contact was identified by a 50-µm thick polyester strip (Hawe Striproll® 687, KerrHawe SA, Switzerland) within the first millimeters of the lateral excursion,³¹ and verified by the resistance to remove the

strip during this movement. The authors considered the contact between the second molars, since it is the most prevalent contact on the NWS during lateral excursions.³² During clinical examination, subjects were asked to keep the intensity and direction of the laterotrusive movement in order to homogenize the displacement. Agreement of two expert examiners was needed for subject selection. Consistency in the clinical diagnosis across the examiners was high, and when there was no agreement, the subject was excluded.

All participants were volunteers and gave their informed written consent. The study was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Dentistry, University of Chile (no. 2012/07). The experimental procedures were conducted in accordance with The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki).

Surface electromyography

EMG activity of right and left AT and SCM muscles was recorded using disposable RG-63B adhesive hydrogel bipolar surface electrodes (interelectrode distance 19±1 mm; BioFLEX: BioResearch, Inc., Brown Deer, Milwaukee, WI, USA). The skin area was cleaned with alcohol to reduce skin impedance. The lower electrode was placed on the AT muscle 1 cm above the zygomatic arch and 1.5 cm behind the orbital border. The electrodes were placed parallel to the main direction of muscle fibers.¹⁹ On the SCM muscles, the electrodes were placed on the anterior border (middle portion), 1 cm above and below the motor point.¹⁷ A large surface (about 15 cm²) ground electrode was attached to the forehead.

EMG activity was amplified (Model 7P5B preamplifier, Grass Instrument Co., Quincy, MA, USA), filtered (10 Hz high pass and 2 kHz low pass), with a common mode rejection ratio (CMRR) higher than 100 dB. The output was filtered again (notch frequency of 50 Hz), full-wave rectified and then integrated (time constant of 0.33 seconds), and recorded online using all channels (four channels) of a computerized instrument dedicated to acquisition and processing of EMG signals. EMG signal was acquired at a sample rate of 200 Hz (50 Hz each channel) with a 12 bits A/D converter (MAX191) connected to the computer through an RS-232 port. The system was calibrated before each record.

Experimental procedures

Bilateral EMG activity was recorded while the subjects were sitting with their eyes open looking straight ahead and the head in the postural position. Each subject underwent three EMG recordings of

AT and SCM muscles during the following tasks: (A) eccentric grinding from intercuspal position (IP) to the WS lateral edge-to-edge contact position; (B) concentric grinding from WS lateral edge-to-edge contact position to IP.

The authors considered WS as the most frequently chewing side selected by each subject. If the subject had no preferred side, they had to chew a piece of apple to visually determine the WS. Group 1 only included subjects with a mediotrusive occlusal contact on the opposite side (NWS). To standardize and reproduce the same edge-to-edge laterotrusive contact position, grinding tasks were explained to each subject by the same examiner. Prior to recording, all individuals practiced each task using a mirror, until they were able to repeat each task correctly at least five times, consecutively. Subjects were instructed to maintain the intensity and direction of the jaw displacement and to grind as hard as they could while performing the task movement. After each trial, the subjects were asked if they were able to successfully maintain the intensity during each grinding task. The initial and final jaw positions were visually checked during EMG recordings by the same examiner.

In order to standardize EMG activity during grinding tasks, activity of AT and SCM muscles was recorded during 5 seconds of maximal voluntary clenching in IP and maximal intentional head-neck rotation to each side, respectively. Also, for SCM normalization, the subject was instructed to avoid shoulder movement during the recording, while his/her head was blocked by one of the researchers.³³

During both tasks, no trial lasted more than 10 seconds, a rest period of 1 minute between each record was allowed, and a 3-minutes resting period between different tasks was included in order to avoid muscular fatigue.¹⁹ Each record was measured every 0.1 second and later averaged with purpose-designed software. The mean value of the three trials at each task for each subject and each muscle was normalized according to the following formula:

Normalized Muscle Activity (NMA) ratio = $\frac{\text{EMG recorded during each grinding task}}{\text{EMG recorded during standardization task}}$

In order to quantify asymmetrical muscle activity, the partial and total AI were calculated for each subject and muscle from the average AT and SCM potentials recorded during each task. The index was calculated based on Naeije *et al.*³⁴

Partial AI = $\frac{(\text{WS muscle} - \text{NWS muscle})}{(\text{WS muscle} + \text{NWS muscle})} \%$,

Total AI = $\frac{(\text{WS SCM} + \text{WS AT} - \text{NWS SCM} - \text{NWS AT})}{(\text{WS SCM} + \text{WS AT} + \text{NWS SCM} + \text{NWS AT})} \%$.

The AI may vary between -100 and +100%. Negative numbers show the predominance of the NWS muscle, while a positive number indicates WS muscle preponderance. A value equal to 0 reflects similar muscular activity between NWS and WS muscles.

Statistical analysis

Estimated sample size for two-sample comparison of means with statistical power of 80% was used.

The ANOVA test for repeated measures obtained from different subjects in three different days was used to test EMG measurement reproducibility (three trials per day). Task-to-task variability was calculated by a coefficient of variability for each grinding task. Shapiro-Wilk test was applied to determine the normality of the sample. EMG activity data presented a non-normal distribution; therefore, the Mann-Whitney *U*-test was used to compare EMG activity between groups and the Wilcoxon signed rank-sum test was used to compare between sides. For AI, data presented normal distribution; thus, the Student's *t*-test for independent samples was used to compare groups. A *p*-value <0.05 was considered as statistically significant. The SPSS version 19 software (SPSS, IBM, Chicago, IL, USA) was used for statistical calculations.

Results

Reproducibility results of EMG recordings showed no significant differences ($p>0.05$). Task-to-task variability calculated by a coefficient of variability for AT muscles during eccentric and concentric grinding was 21.5 and 27%, respectively; for SCM muscles during eccentric and concentric grinding, coefficients were 20.5 and 21.4%, respectively.

Figures 1 and 2 show EMG activity recorded in AT and SCM muscles, respectively. Table 1 shows no significant differences in EMG activity of AT muscles between Groups 1 and 2 on both sides during eccentric or concentric grinding ($p>0.05$). Moreover, no significant differences in EMG activity of SCM muscles were found between Groups 1 and 2 on both sides and tasks ($p>0.05$).

EMG activity of AT muscles was significantly higher in the WS than in the NWS in Group 1 during concentric grinding ($p<0.05$), whereas no difference was observed in Group 2. EMG activity of SCM muscles showed no differences when comparing groups or sides, as shown in Table 1 ($p>0.05$).

Table 2 compares AI between Groups 1 and 2 during both grinding tasks. No significant difference was observed in the partial and total AI during eccentric and concentric tasks ($p>0.05$).

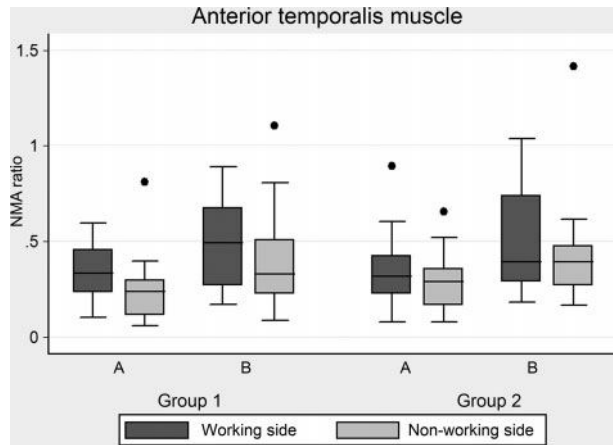


Figure 1 Box plot graph showing median and IQ range of anterior temporalis (AT) EMG activity in subjects with a mediotrusive contact (Group 1) and without mediotrusive contact (Group 2) on working and NWS, recorded during eccentric grinding (A) and concentric grinding (B). Normalized Muscular Activity (NMA) ratio = EMG recorded during grinding/EMG recorded during maximal voluntary clenching in intercuspal position (IP)

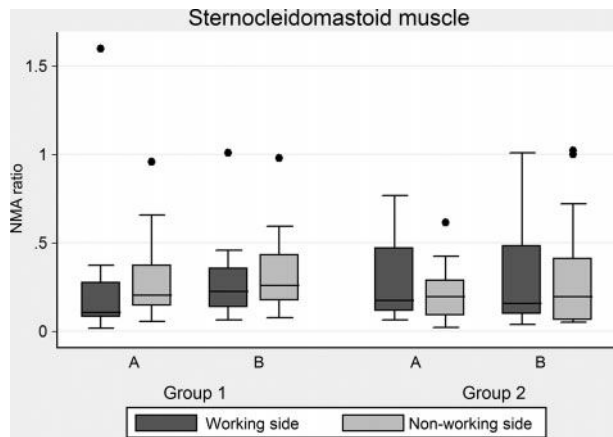


Figure 2 Box plot graph showing median and IQ range of sternocleidomastoid (SCM) EMG activity in subjects with a mediotrusive contact (Group 1) and without mediotrusive contact (Group 2) on working and NWS, recorded during eccentric grinding (A) and concentric grinding (B). Normalized Muscular Activity (NMA) ratio = EMG recorded during grinding/EMG recorded during maximal intentional isometric head-neck rotation to each corresponding side

Discussion

Evidence about the jaw and cervical muscular activity during a parafunctional test is very scarce, by which it is relevant to improve the knowledge about the EMG pattern of AT and SCM muscles during grinding tasks in the presence or absence of a natural molar mediotrusive occlusal contact.

The major finding of this study is that the presence of a natural mediotrusive occlusal contact does not cause an alteration of the EMG patterns and

Table 1 Comparison of normalized EMG activity between Group 1 and Group 2 and between working and NWS recorded during eccentric and concentric grinding

Muscle	Task	Side	Group 1		Group 2		P-value†
			Median	IQR	Median	IQR	
AT	A	WS	0.333	0.2203	0.317	0.198	0.852
AT	A	NWS	0.240	0.1808	0.291	0.192	0.237
P-value†			0.078		0.233		
AT	B	WS	0.492	0.4038	0.180	0.448	0.740
AT	B	NWS	0.331	0.2840	0.394	0.208	0.481
P-value†			0.047*		0.570		
SCM	A	WS	0.107	0.1917	0.173	0.357	0.206
SCM	A	NWS	0.202	0.2292	0.193	0.198	0.548
P-value†			0.100		0.776		
SCM	B	WS	0.226	0.2207	0.155	0.386	0.604
SCM	B	NWS	0.258	0.2590	0.195	0.349	0.419
P-value†			0.140		0.691		

Group 1: with mediotrusive occlusal contact; Group 2: without mediotrusive occlusal contact; AT: anterior temporalis; SCM: sternocleidomastoid; A: eccentric grinding from intercusp position (IP) to the WS lateral edge-to-edge contact position; B: concentric grinding from WS lateral edge-to-edge contact position to IP; WS: working side; NWS: non-working side; IQR: interquartile range. † Mann–Whitney U-test. ‡ Wilcoxon signed rank-sum test. *Significant difference at $p < 0.05$.

Table 2 Comparison of normalized asymmetry index (AI) (partial and total) between Group 1 and Group 2 recorded during eccentric and concentric grinding

Task	AI	Group 1		Group 2		Mean difference	95% CI	P-value*
		Mean	SD	Mean	SD			
A	AT	20.681	34.308	9.611	28.266	11.071	-34.581 to 12.440	0.343
A	SCM	-19.783	27.811	5.090	51.657	-24.874	-6.585 to 56.333	0.115
B	AT	12.339	17.708	4.484	20.767	7.855	-22.289 to 6.580	0.274
B	SCM	-8.793	32.652	-0.964	47.669	-7.829	-22.731 to 38.388	0.604
A	Total	4.475	25.037	7.407	32.911	-2.932	-18.939 to 24.803	0.786
B	Total	2.846	20.496	-1.373	25.698	4.219	-21.604 to 13.166	0.623

Group 1: with mediotrusive occlusal contact; Group 2: without mediotrusive occlusal contact; A: eccentric grinding from intercusp position (IP) to the working side (WS) lateral edge-to-edge contact position; B: concentric grinding from WS lateral edge-to-edge contact position to IP; AT: anterior temporalis; SCM: sternocleidomastoid; CI: confidence interval. *Student's t-test for independent samples.

muscular symmetry in AT and SCM muscles during eccentric or concentric tooth grinding.

As can be seen by the large SDs compared to the means, the data showed a considerable variability, which reflects the fact that although the entrance criteria of the sample were strict and all selected subjects fulfilled the stated requirements, inter-subject variability was large and should be taken into account. From a statistical point of view, this fact was taken into account by selecting non-parametric tests to analyze the authors' data.

Subjects of Group 2 (controls) presented similar EMG activity in AT muscles during the grinding tasks between WS and NWS. This result disagrees with the authors' previous study in healthy subjects with different laterotrusive schemes (canine guidance or group function) but without natural mediotrusive contact, where higher EMG activity on WS than on NWS during eccentric and concentric grinding tasks were recorded.³⁵ It is difficult to explain

this discrepancy. It could be speculated that this difference may be due to the presence of individuals with different Angle's molar relationship in the authors' previous work. Moreno *et al.*³⁶ found that subjects with Angle class III EMG activity of AT muscle showed a tendency to be more activated than classes I and II, especially in maximum effort tests, even though they were not statistically different. Harper *et al.*³⁷ showed that subjects with class II presented lower values than class I subjects during maximal effort in maximum intercuspation. Furthermore, Gadotti *et al.*³⁸ indicated that the muscle activity pattern was different in subjects with class II occlusion compared with those with class I occlusion. However, these results cannot be directly extrapolated to the present study because these investigations have not been performed during tooth grinding.

In the present study, subjects of Group 1 (with natural mediotrusive occlusal contact) showed

lower EMG activity in the AT muscle of the NWS compared with the WS during concentric grinding. In the authors' opinion, since the jaw is returning to IP guided by the stability given by the mediotrusive occlusal contact, lower effort is required in the AT muscle of the NWS.

For the SCM muscle, the same EMG activity pattern was observed when comparing WS and NWS in both groups, during eccentric or concentric grinding. This result agrees with another study performed in healthy subjects during grinding, but without mediotrusive contact.¹⁷

The NMA ratio utilized in the authors' research is an adaptation of the IP ratio proposed by Mizutani *et al.*,⁷ which normalizes the EMG activity. This formula has been used by other authors too.^{39,40} The authors have adapted the formula because it could only be applied when the maximal muscular activity was obtained during clenching in IP, which occurs only in some jaw muscles as masseter and temporalis. However, it is not applicable, i.e. for cervical muscles. Normalized muscle activity ratio can be used for normalization of other muscles since the denominator of the ratio has been changed by the EMG recorded during the chosen standardization task (maximal muscular activity during isometric contraction). This approach has also been used by other authors.^{41,42}

Partial or total AIs of the EMG activity showed no significant differences for AT and SCM muscles. Ferrario *et al.*¹⁵ showed an immediate change in EMG pattern of SCM muscles after the insertion of an artificial occlusal interference. This discrepancy could be explained by: (a) different task used in that study (maximum voluntary clenching); (b) experimental interference was placed in different positions (maxillary canines and maxillary first molars); and (c) the subjects did not have a period of adaptation to the artificial interference, which could dramatically enhance peripheral inputs, impacting their muscular balance.

From a general point of view, the EMG results for this study could not be contrasted because this is the first study in which the influence of a natural molar mediotrusive contact on EMG activity of AT and SCM muscles has been assessed.

The findings of this study can be explained by two reasons at least: (a) the predominance of central nerve control over peripheral inputs,⁴³ initiated by the presence of the mediotrusive occlusal contact on the motor-neuron pools that control AT and SCM muscles, and (b) the subjects studied presenting a natural mediotrusive occlusal contact were well-

adapted, since they did not evidence signs or symptoms associated with this occlusal feature. According to the results of this study, it is possible to speculate that the mediotrusive contact may not be an initiator of TMD. However, it is important to point out that this finding cannot be extrapolated to patients with signs and symptoms of TMD and/or myofascial pain. If during a rehabilitation treatment, such as a crown, an artificial mediotrusive contact is eventually produced, a dramatic initial enhancement of peripheral inputs could be expected, leading to an impact in the muscular balance. In the long term, however, the effect of the artificial mediotrusive contact may depend on the adaptation capability of the subject.

The present study has some limitations, such as: (a) it is not possible to determine if the mediotrusive contact initially changed the EMG pattern and adapted afterward; and (b) it is not possible to know the effect of the mediotrusive contact on other jaw muscles (masseter, suprahyoid). Therefore, further studies are required.

In accordance with the results of this study and within the above limitations, the authors accept the hypothesis because EMG of AT and SCM muscles and AI were similar between both groups.

This new knowledge could provide a better understanding of EMG patterns during eccentric and concentric grinding. The fact that no difference between subjects with or without mediotrusive occlusal contact was found supports the clinical concept of not intervening with individuals presenting mediotrusive occlusal contact, unless they show clinical signs or symptoms like tooth mobility, muscular or joint pain.

Acknowledgments

The authors would like to thank to all the volunteers and the staff at the Oral Physiology Laboratory, Faculty of Medicine, University of Chile. We would gratefully acknowledge the financial support from the Faculty of Dentistry, University of Chile.

Disclaimer Statements

Contributors All authors contributed to conception, design, data acquisition, analysis of the results, drafted and critically revised the manuscript. All authors gave final approval and agree to be accountable for all aspects of the work.

Funding This research was funded by a grant of the Faculty of Dentistry, University of Chile.

Conflicts of interest The authors declare no conflicts of interest respect to the authorship and/or publication of this article.

Ethics approval The study was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Dentistry, University of Chile (no. 2012/07). The experimental procedures were conducted in accordance with The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki).

References

- Könönen M, Klemetti E, Waltimo A, Ahlberg J, Evälahti M, Kleemola-Kujala E, *et al.* Tooth wear in maxillary anterior teeth from 14 to 23 years of age. *Acta Odontol Scand.* 2006; 64(1):55–8.
- Lavigne GJ, Khoury S, Abe S, Yamaguchi T, Raphael K. Bruxism physiology and pathology: an overview for clinicians. *J Oral Rehabil.* 2008;35(7):476–94.
- Marklund S, Wänman A. A century of controversy regarding the benefit or detriment of occlusal contacts on the mediotrusive side. *J Oral Rehabil.* 2000;27(7):553–62.
- The academy of prosthodontics. Glossary of prosthodontic terms. 94. 8th ed. *J Prosthet Dent* 2005; p. 22.
- Okeson JP, editor. Management of temporomandibular disorders and occlusion. 7th ed. St. Louis, MO: Elsevier Inc; 2013. p. 82.
- Schuyler CH. Factors of occlusion applicable to restorative dentistry. *J Prosthet Dent.* 1953;6:772–82.
- Mizutani H, Shinogaya T, Soneda K, Iso K, Ai M. Influence of tooth contacts on masseter and temporal muscle activity. Part I: total activity and its ratio to maximum biting activity in intercuspal position (IP ratio). *Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi.* 1989;33(5):1062–71.
- Nishigawa K, Nakano M, Bando E. Study of jaw movement and masticatory muscle activity during unilateral chewing with and without balancing side molar contacts. *J Oral Rehabil.* 1997;24(9):691–6.
- Dawson PE. Evaluation, diagnosis and treatment of occlusal problems. St Louis, MO: CV Mosby; 1974.
- Kirveskari P, Jamsa T, Alanen P. Occlusal adjustment and the incidence of demand for temporomandibular disorder treatment. *J Prosthet Dent.* 1998;79(4):433–8.
- Clark GT, Tsukiyama Y, Baba K, Watanabe T. Sixty-eight years of experimental occlusal interference studies: what have we learned? *J Prosthet Dent.* 1999;82(6):704–13.
- De Boever JA, Carlsson GE, Klineberg IJ. Need for occlusal therapy and prosthodontic treatment in the management of temporomandibular disorders. Part I. Occlusal interferences and occlusal adjustment. *J Oral Rehabil.* 2000;27(5):367–79.
- Ogawa T, Koyano K, Tsukiyama M, Tsukiyama Y, Sumiyoshi K, Suetsugu T. Difference in the mechanism of balancing-side disclusion between 1st and 2nd molars. *J Oral Rehabil.* 1998;25(6):430–5.
- Minagi S, Watanabe H, Sato T, Tsuru H. Relationship between balancing-side occlusal contact patterns and temporomandibular joint sounds in humans: proposition of the concept of balancing-side protection. *J Craniomandib Disord.* 1990;4(4):251–6.
- Ferrario VF, Sforza C, Dellavia C, Tartaglia GM. Evidence of an influence of asymmetrical occlusal interferences on the activity of the sternocleidomastoid muscle. *J Oral Rehabil.* 2003;30(1):34–40.
- Li J, Jiang T, Feng H, Wang K, Zhang Z, Ishikawa T. The electromyographic activity of masseter and anterior temporalis during orofacial symptoms induced by experimental occlusal highspot. *J Oral Rehabil.* 2008;35(2):79–87.
- Rodríguez K, Miralles R, Gutiérrez MF, Santander H, Fuentes A, Fresno MJ, *et al.* Influence of tooth clenching and grinding on bilateral sternocleidomastoid EMG activity. *J Craniomandib Pract.* 2011;29(1):14–22.
- Aldana K, Miralles R, Fuentes A, Valenzuela S, Fresno MJ, Santander H, *et al.* Anterior temporalis and suprahyoid EMG activity during jaw clenching and tooth grinding. *J Craniomandib Pract.* 2011;29(4):261–9.
- Fuentes AD, Martínez K, Miralles R, Gutiérrez MF, Santander H, Fresno MJ, *et al.* Electromyographic activity during awake tooth grinding tasks at different jaw posture in the sagittal plane. *Acta Odontol Scand.* 2013;71(3-4):917–22.
- Eriksson PO, Thornell LE. Histochemical and morphological muscle-fibre characteristics of the human masseter, the medial pterygoid and the temporal muscle. *Arch Oral Biol.* 1983; 28(9):781–95.
- Kerstein RB. Combining technologies: a computerized occlusal analysis system synchronized with a computerized electromyography system. *J Craniomandib Pract.* 2004;22(2):96–109.
- Ahlgren J. EMG pattern of temporalis in normal occlusion. *Eur J Orthod.* 1986;8(3):185–91.
- Türker KS. Reflex control of human jaw muscles. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2002;13(1):85–104.
- Weeks VD, Travell J. Postural vertigo due to trigger areas in the sternocleidomastoid muscle. *J Pediatr.* 1955;47(3):315–27.
- Rocabado M. Diagnosis and treatment of abnormal craniocervical and craniomandibular mechanics. In: Solberg WK, Clark GT, editors. Abnormal jaw mechanics diagnosis and treatment. Chicago, IL: Quintessence; 1984. pp. 141–59.
- Mohl ND. Head posture and its role in occlusion. *N Y State Dent J.* 1976;42(1):17–23.
- Brodie AG. Anatomy and physiology of head and neck musculature. *Am J Orthod.* 1950;36:831–40.
- Eriksson PO, Zafar H, Nordh E. Concomitant mandibular and head-neck movements during jaw opening-closing in man. *J Oral Rehabil.* 1998;25(11):859–70.
- Ferrario VF, Sforza C, Serrao G. The influence of crossbite on the coordinated electromyographic activity of human masticatory muscles during mastication. *J Oral Rehabil.* 1999;26(7):575–81.
- Manfredini D, Landi N, Romagnoli M, Bosco M. Psychic and occlusal factors in bruxers. *Aust Dent J.* 2004;49(2):84–9.
- Chiappe G, Fantoni F, Landi N, Biondi K, Bosco M. Clinical value of 12 occlusal features for the prediction of disc displacement with reduction (RDC/TMD Axis I group IIa). *J Oral Rehabil.* 2009;36(5):322–9.
- Ogawa T, Ogimoto T, Koyano K. Validity of the examination method of occlusal contact pattern relating to mandibular position. *J Dent.* 2000;28(1):23–9.
- Ferrario VF, Tartaglia GM, Galletta A, Grassi GP, Sforza C. The influence of occlusion on jaw and neck muscle activity: a surface EMG study in healthy young adults. *J Oral Rehabil.* 2006;33(5):341–8.
- Naeije M, McCarroll RS, Weijs WA. Electromyographic activity of the human masticatory muscles during submaximal clenching in the inter-cuspal position. *J Oral Rehabil.* 1989; 16(1):63–70.
- Gutiérrez MF, Miralles R, Fuentes A, Cavada G, Valenzuela S, Santander H, *et al.* The effect of tooth clenching and grinding on anterior temporalis electromyographic activity in healthy subjects. *J Craniomandib Pract.* 2010;28(1):43–9.
- Moreno I, Sánchez T, Ardizzone I, Aneiros F, Celemin A. Electromyographic comparisons between clenching, swallowing and chewing in jaw muscles with varying occlusal parameters. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2008;13(3):E207–13.
- Harper RP, de Bruin H, Burcea I. Muscle activity during mandibular movements in normal and mandibular retrognathic subjects. *J Oral Maxillofac Surg.* 1997;55(3):225–33.
- Gadotti IC, Bérzin F, Biasotto-Gonzalez D. Preliminary rapport on head posture and muscle activity in subjects with class I and II. *J Oral Rehabil.* 2005;32(11):794–9.
- Baba K, Akishige S, Yaka T, Ai M. Influence of alteration of occlusal relationship on activity of jaw closing muscles and mandibular movement during submaximal clenching. *J Oral Rehabil.* 2000;27(9):793–801.
- Okano N, Baba K, Igarashi Y. Influence of altered occlusal guidance on masticatory muscle activity during clenching. *J Oral Rehabil.* 2007;34(9):679–84.
- Burden A, Bartlett R. Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. *Med Eng Phys.* 1999;21(4):247–57.
- Armijo-Olivo S, Magee DJ. Electromyographic activity of the masticatory and cervical muscles during resisted jaw opening movement. *J Oral Rehabil.* 2007;34(3):184–94.
- Hellsing G. On the regulation of interincisor bite force in man. *J Oral Rehabil.* 1980;7(5):403–11.

3. Estudio 3

Evaluación de la actividad electromiográfica en pacientes con trastornos temporomandibulares y contacto oclusal mediotrusivo natural durante la masticación y el rechinar dentario

Fuentes AD, Sforza C, Miralles R, Ferreira CL, Mapelli A, Lodetti G, Martin C. Assessment of electromyographic activity in patients with temporomandibular disorders and natural mediotrusive occlusal contact during chewing and tooth grinding. *Cranio*. 2016. In press.

Resumen

Objetivo. El objetivo de este estudio fue investigar si la presencia de un contacto mediotrusivo natural influye en el patrón de actividad EMG de los pacientes con trastornos temporomandibulares (TTM).

Método. Se registró la actividad EMG de superficie bilateral de los músculos temporales anteriores, maseteros y esternocleidomastoideos en 43 sujetos, durante la masticación unilateral y el rechinar dentario. Trece pacientes presentaron TTM y un contacto mediotrusivo natural (Grupo 1), 15 presentaron TTM sin el contacto mediotrusivo natural (Grupo 2), y 15 fueron sujetos sanos sin contactos mediotrusivos (Grupo 3). Todos los sujetos fueron examinados de acuerdo a los Criterios Diagnósticos para la Investigación de los TTM (CDI/TTM). Todos los valores EMG fueron estandarizados como el porcentaje de la actividad EMG registrada durante la máxima contracción isométrica con rollos de algodón.

Resultados. La actividad EMG de todos los músculos registrados no mostró diferencias significativas entre los grupos durante la masticación y el rechinar. En general, en todos los grupos, la actividad EMG en los músculos temporal anterior y masetero durante la masticación fue mayor en el lado de trabajo. Durante el rechinar, esas diferencias solo fueron encontradas en los músculos maseteros (principalmente durante el rechinar excéntrico). La actividad EMG del músculo esternocleidomastoideo no mostró diferencias significativas durante la masticación y

el rechinar dentario. La simetría, el equilibrio muscular y la ausencia de desplazamiento mandibular fueron hallazgos comunes en todos los grupos.

Discusión. Los resultados de la actividad EMG sugieren que es pequeña la contribución de un contacto oclusal mediotrusivo natural en los patrones de actividad EMG de los pacientes con TTM. Por lo tanto, la eliminación de esta característica oclusal con fines terapéuticos podría no estar indicada.

Assessment of electromyographic activity in patients with temporomandibular disorders and natural mediotrusive occlusal contact during chewing and tooth grinding

Aler D. Fuentes DDS, PhD(c)^{1,2*}, Chiarella Sforza MD, PhD³, Rodolfo Miralles DDS², Cláudia L. Ferreira SLP, PhD³, Andrea Mapelli BME, PhD^{3,4}, Gianluigi Lodetti DDS, PhD^{3,5} and Conchita Martin DDS, PhD⁶

¹Faculty of Dentistry, Institute for Research in Dental Sciences, University of Chile, Santiago, Chile, ²Faculty of Medicine, Oral Physiology Laboratory, Biomedical Sciences Institute, University of Chile, Santiago, Chile, ³Functional Anatomy Research Center, Department of Biomedical Sciences for Health, Università degli Studi di Milano, Milan, Italy, ⁴Department of Otorhinolaryngology, Ophthalmology, and Head and Neck Surgery, School of Medicine of Ribeirão Preto, University of São Paulo, São Paulo, Brazil, ⁵Department of Medical and Surgical Specialties, Radiologic Sciences, and Public Health, Dental Clinic, Università degli Studi di Brescia, Brescia, Italy, ⁶Department of Stomatology IV, School of Dentistry, Complutense University of Madrid, Madrid, Spain

Objectives: The aim of this study was to investigate whether the presence of a natural mediotrusive contact influences electromyographic (EMG) pattern activity in patients with temporomandibular disorders (TMDs).

Method: Bilateral surface EMG activity of the anterior temporalis (AT), masseter (MM), and sternocleidomastoid (SCM) muscles was recorded in 43 subjects during unilateral chewing and tooth grinding. Thirteen patients had TMD and a natural mediotrusive contact (Group 1), 15 had TMD without a natural mediotrusive contact (Group 2), and 15 were healthy subjects without mediotrusive contacts (Group 3). All subjects were examined according to the Research Diagnostic Criteria for TMD (RDC/TMD). All EMG values were standardized as the percentage of EMG activity recorded during maximum isometric contraction on cotton rolls.

Results: EMG activity from all muscles measured showed no significant differences between groups during chewing and grinding. Overall, in all groups, the EMG activity during chewing was higher in the working side than the non-working side in AT and MM muscles. During grinding, these differences were only found in masseter muscles (mainly in eccentric grinding). SCM EMG activity did not show significant differences during chewing and grinding tasks. Symmetry, muscular balance, and absence of lateral jaw displacement were common findings in all groups.

Discussion: EMG results suggest that the contribution of a natural mediotrusive occlusal contact to EMG patterns in TMD patients is minor. Therefore, the elimination of this occlusal feature for therapeutic purposes could be not indicated.

Keywords: Dental occlusion, Electromyography, Mastication, Tooth grinding, Masticatory muscles, Neck muscles, Natural mediotrusive occlusal contact, Temporomandibular disorders

Introduction

In recent years, the existence of occlusal disturbances and their influence on the temporomandibular joint (TMJ) and masticatory muscles has been a matter of great controversy. It has been suggested that mediotrusive contacts are perceived differently than other occlusal contacts by the central nervous system and should be avoided

in developing an optimum functional occlusion.¹ Other authors, however, have indicated that this kind of contact does not cause major problems in the stomatognathic system.²

Another important aspect is the need to differentiate between natural and artificial mediotrusive contacts, since the relevant peripheral input may be different and could therefore affect the electromyographic (EMG) pattern activity. Experimental occlusal interferences have an immediate effect on muscular activity and mandibular

Correspondence to: A.D. Fuentes, Institute for Research in Dental Sciences, Faculty of Dentistry, University of Chile, Street Sergio Livingstone Pohlhammer 943, Independencia, Santiago, Chile. Email: aler.fuentes@odontologia.uchile.cl

movements,³ followed by a rapid adaptation period;⁴ however, studies on the influence of a natural mediotrusive contact on EMG pattern remain limited. In previous works,^{5,6} the authors investigated the effect of a natural mediotrusive occlusal contact during chewing and grinding tasks in healthy subjects. The results showed no differences in EMG activity and symmetry of the anterior temporalis (AT) and sternocleidomastoid (SCM) muscles between subjects with and without this occlusal feature. However, it is important to note that the sample studied only healthy subjects, so the results observed correspond only to well-adapted individuals and cannot be extrapolated to patients with temporomandibular disorders (TMDs).

A recent study showed that non-functional tooth contact was approximately 3.6 times more common in patients with TMD than in healthy subjects. Its authors suggest that non-functional tooth contact might be associated with TMD.⁷ TMD are a heterogeneous group of conditions affecting the TMJ and/or the jaw muscles,⁸ and changes in EMG activity are considered to be common among patients with this kind of disorder.⁹ Furthermore, many TMD patients report TMJ sounds, difficulty in chewing, and pain in the masticatory, head, and neck muscles;¹⁰ the cervical alterations are caused by functional interrelationships between the trigeminal and cervical neuronal pools.¹¹ The majority of studies involving dysfunctional muscles have been done on the masseter (MM) and temporalis muscles; studies of other masticatory muscles are sparse.

The literature has repeatedly shown evidence that dental occlusion plays a minor role in the development of the signs and symptoms of TMD.¹² These results might not necessarily be due to a lack of relationship, but to the multifactorial etiology of TMD. Indeed, it is difficult to know the specific precipitant and/or perpetuating factors of this condition, considering that the influence of each factor on each subject can be variable. A recent investigation suggests that the contribution of dental malocclusion features to TMJ clicking is minimal, with no clinical relevance; however, the study also shows that mediotrusive interference was an occlusal factor associated with TMJ clicking in the multiple regression analysis.¹³ Previous research investigated the existence of associations between parafunctions and diverse occlusal factors such as deep bite, crossbite, open bite, laterotrusive interferences, and mediotrusive interferences. The analysis of occlusal factors revealed a statistical association only between mediotrusive interferences and bruxism.¹⁴ Landi et al.¹⁵ found that mediotrusive interferences were a feature significantly associated with the presence of myofascial pain according to the Research Diagnostic Criteria for TMD (RDC/TMD) symptoms.¹⁶

Continuing the research of previously published works,^{5,6} this study aims to clarify the influence of a mediotrusive occlusal contact on mandibular and cervical EMG activity, and related coordination indices^{11,17} in patients with TMD. Consequently, the aim of this study was to evaluate the effect of a natural mediotrusive contact on AT, MM and SCM EMG pattern, and on the indices of symmetry, torque and jaw displacement, in TMD patients, and healthy subjects during functional and parafunctional tasks. This knowledge can be very helpful to the clinician from a diagnostic point of view, and it can also explain the muscular symptoms of TMD patients during chewing or tooth grinding. The hypothesis of the study was that the presence of a natural mediotrusive contact might cause a change in the EMG pattern, symmetry, torque, and jaw displacement in subjects with TMD.

Materials and Methods

Subjects

The study included 43 subjects, 13 with TMD and mediotrusive occlusal contact (Group 1: 9 women and 4 men, mean age = 23.6 ± 12.7 years), 15 with TMD and without mediotrusive occlusal contact (Group 2: 11 women and 4 men, mean age = 22.8 ± 4.7 years), and 15 healthy subjects without mediotrusive occlusal contact (Group 3: 10 women and 5 men, mean age = 21.9 ± 6.8 years).

All subjects were students or staff at the University of Milan or patients from the dental clinic of the University of Brescia. They volunteered for the study after a detailed explanation of the experimental protocol and possible risks involved and signed an informed consent form. None of the procedures were dangerous or painful, and all were made in accordance with the Helsinki declaration of 1975, as revised in 1983. The study protocol was approved by the local ethics committee.

A mediotrusive contact was defined as an occlusal contact between the support cusps of the natural second molars on the non-working side during a slightly forced lateral excursive jaw displacement that did not interfere with the occlusal contact during laterotrusive guidance movement on the working side.^{5,6} This feature was identified by a 50- μ m-thick polyester strip (Hawe Striproll® 687, KerrHawe SA, Switzerland) within the first millimeters of the lateral excursion.¹⁸ The authors used the contact between the second molars since it is the most prevalent contact on the non-working side during lateral excursions.¹⁹

All subjects were evaluated by a dentist, and their clinical history was gathered according to the RDC/TMD.¹⁶ The inclusion criterion for Groups 1 and 2 was the presence of TMD Axis I diagnosis (Ia, IIa), according to the RDC/TMD. All patients had permanent dentition, with at least one maxillary-mandibular molar contact per dental

hemi-arch.²⁰ All myofascial pain patients (Ia) had pain at the time of the EMG recording session, with an average visual analog scale (VAS) level of 6 points on a 0–10 rating scale.²¹

The inclusion criteria for Group 3 were a complete natural permanent dentition (excluding third molars), Angle Class I occlusion, protrusive incisive guidance, laterotrusive canine guidance or group function, overjet and overbite ranging from 2 to 4 mm, alternating unilateral chewing pattern, no fractured teeth, no crossbite, no large restorations that included an incisal edge or one or more cusps, and no TMD based on the RDC/TMD.

The exclusion criteria for all of the participants were neurological or cognitive deficits that could interfere with the experimental procedure, history of cervical, head, or dental trauma, recent or current orthodontic treatment, current orofacial myofunctional or TMD treatment, presence of dental pain, or periodontal disease. None of the subjects were currently using analgesic, anti-inflammatory, or psychiatric drugs or therapeutic medications that could affect muscle activity, and none reported systemic disease or showed apparent facial asymmetry.

Experimental procedures

For all tasks, the subject was sitting, with his/her head unsupported in the postural position, with his/her eyes open looking straight ahead. Each subject underwent two EMG recordings of the AT, MM, and SCM muscles during the following tasks: (A) unilateral chewing of cookie; (B) unilateral chewing of apple; (C) eccentric grinding from intercuspal position to the working side lateral edge-to-edge contact position; (D) concentric grinding from working side lateral edge-to-edge contact position to intercuspal position. The order of the recorded tasks was random. Additionally, maximum voluntary clenching (MVC) on cotton rolls was recorded for EMG signal standardization.

To determine the working side (WS), each subject was asked about the side more frequently used during chewing. If the subjects had no clear preference, they had to chew a piece of apple to visually determine the WS. Group 1 patients had to show a mediotrusive contact on the opposite side (non-working side, NWS).

Chewing

Chewing tasks (A and B) were performed with two foods with diverse rheological characteristics. The chosen foods were cookies (Ringo cacao, Pavesi®, Italy) and raw apple with peel (variety Golden, Melinda®, Italy). Each cookie was cut into halves vertically (3.5 cm × 3 cm × 1.5 cm). Each piece of apple was cut into pieces of 3 cm × 2.5 cm × 2 cm. The sizes of pieces of cookie and apple were similar. These

two test foods were chosen because they present different hardness and textures, which may affect muscle activity.

Participants placed one piece of test food into their mouth before starting the EMG recording and performed habitual chewing on their WS.

Grinding

To standardize and reproduce the same edge-to-edge laterotrusive contact position, the recording tasks were demonstrated and explained to each subject by the same examiner. Prior to recording, all individuals practiced each task using a mirror until they were able to repeat each task correctly at least three times, consecutively. During eccentric and concentric grinding tasks (C and D), they were instructed to maintain the intensity and direction of the jaw displacement and asked to grind as hard as they could. The initial and final jaw positions were visually checked during the EMG recordings by the same examiner.

Surface Electromyography

Electromyographic recordings and analyses were performed according to previous studies.^{11,20} Briefly, surface electrodes were placed on the AT, MM, and SCM muscles of both sides (right and left). Disposable, pre-gelled silver/silver chloride circular electrodes with a size of 24 mm and an interelectrode distance of 21 ± 1 mm, (Kendall® Arbo® H124SG, Covidien, Mansfield, MA, USA) were positioned on the muscular bellies parallel to the muscular fibers. Before electrode placement, the skin was carefully cleaned with alcohol to reduce its impedance.

EMG activity was recorded using an electromyography analyzer with wireless probes (BTS FREEEMG 300, BTS S.p.a., Garbagnate Milanese, Italy) and bipolar electrodes. The analog signals were amplified and digitized (gain 500, resolution 16 bit, sensitivity $< 0.7 \mu\text{V}$, temporal resolution 1 ms) using differential amplifiers with a high common mode rejection ratio (CMRR > 110 dB in the range 0–50 Hz, input impedance $> 10 \text{ G}\Omega$). EMG signals recorded were digitally band-pass filtered between 80 and 400 Hz with a second-order Butterworth filter, and rectified by calculating the root mean square (RMS) in temporal windows of 25 ms. The system was interfaced with a computer, and BTS Dental Contact Analyzer software v.2.3.20 (BTS S.p.a., Garbagnate Milanese, Italy) was used for signal recording and analysis.

For all tasks, the RMS signal recorded in the first 5 s was automatically selected and used for all the subsequent analyses.

To standardize the RMS signals of the AT and MM muscles, two 10-mm-thick cotton rolls were positioned on the mandibular second premolars and first molars of each subject, and five-second MVC was recorded.

For the standardization of the SCM RMS potentials, a maximal rotation of the head and neck, without moving the shoulders, blocked by one of the researchers, was performed. The head was moved slowly on each side, and the subject remained on the extreme right and left positions for approximately five seconds. Participants repeated this test three times. During head and neck rotation, the contralateral SCM muscle is maximally activated.²² Thus, the EMG potentials of the analyzed muscles recorded during each task were expressed as a percentage of the mean potential recorded during the standardization test (MVC on the cotton rolls for AT and MM muscles, and head and neck rotation for SCM muscles) (unit, $\mu\text{V}/\mu\text{V}$ %). All subsequent calculations were made with the standardized potentials.

To avoid any muscular fatigue effect, a rest period of at least 3 min was allowed between standardization recordings and tests, as well as between each test.

Electromyographic data analysis

For both chewing and grinding tasks, and for each muscle on each side, the mean standardized EMG activity was calculated.

For grinding tasks, a set of coordination indices were also computed, as detailed by Ferrario et al.^{11,17} To assess muscle symmetry, the EMG waves of paired muscles (right and left) were compared by computing the percent-

age of overlapping coefficient (POC, unit %). POC is an index of the symmetric distribution of muscular activity as determined by occlusion; it ranges between 0% (no symmetry) and 100% (perfect symmetry). AT and MM POCs were obtained for each subject.

Because an unbalanced contractile activity of contralateral AT and MM (e.g. right AT and left MM) might give rise to a potential lateral displacing component, the torque coefficient (TC, unit %) was calculated. This index ranges between 0% (complete presence of lateral displacing force) to 100% (absence of lateral displacing force).

To compare the standardized muscular activities of AT and MM muscles, an antero-posterior coefficient (APC, unit %) was computed. This is the ratio between the non-overlapped and the overlapped AT and MM muscle areas of both sides. The index ranges between 0% (unbalanced standardized AT and MM potentials) and 100% (well comparable standardized AT and MM potentials). When standardized muscular potentials are not balanced between the two analyzed masticatory muscles, the occlusal center of gravity might be displaced onwards (AT prevalence) or backwards (MM prevalence).²³

In addition, the standardized potentials were used for the calculation of 'cervical load' (co-contraction of SCM muscle during MVC in intercuspal position). SCM cervical load (%) was assessed as the percentage ratio

between the SCM muscle potentials recorded during MVC in intercuspal position (this should be a submaximal contraction for SCM muscle) and the muscle potentials obtained during the maximum contraction standardization task (e.g. contralateral neck rotation against resistance). This index indicates if (and how much) the analyzed neck muscles co-contrast with the jaw elevator muscles during the MVC in intercuspal position; a cervical load of 0% denotes no concomitant activity, while a cervical load of 100% implies a maximal contraction of SCM muscles during MVC in intercuspal position.

Statistical analysis

The sample size required to achieve the statistical power of 80% was calculated. Considering α error at 0.05 and β error set at 0.20, a minimum of 13 subjects in each group was determined.

For all tasks, data reproducibility was assessed by paired Student's *t*-test comparing in each subject the first and second repetitions of each task (systematic errors), and the technical error of measurement (TEM) was used to estimate the random error.²⁴ The TEM was calculated with the following Dahlberg's formula,²⁵ where *D* is the difference between each pair of replicate measurements, and *n* is the number of pairs:

$$\text{TEM} = \sqrt{[(\sum D^2)/2n]}$$

EMG data variability during chewing and grinding was assessed by the coefficient of variability (CV) and the intra-class correlation coefficients (ICC) using the two recorded repetitions of the tasks.

The Shapiro-Wilk test was applied to determine the normality of the samples, and descriptive statistics were calculated for standardized EMG activity, POC, TC, APC, and cervical load in each group and task.

When data showed a non-normal distribution, median and interquartile ranges were computed, and the Kruskal-Wallis test was used to compare the parameters between groups. The Wilcoxon signed-rank sum test was used to compare the mean standardized EMG activity between chewing tasks, grinding tasks, and sides. Sex distribution among the groups was compared by the χ^2 test.

The level of significance was set at $p < 0.05$. The data were analyzed using SPSS software (IBM SPSS Statistics®v19).

Results

Data reproducibility and variability

For mean standardized EMG activity and indices, no systematic errors were found (Student's *t*-test for dependent

Table 1 Reproducibility of sEMG recordings during chewing and grinding tasks on each muscle and group, and during grinding tasks on each index: Values of technical error of measurement (TEM)

Muscle/group	Task	TEM activity standardized	Index	Task	TEM index (%)
AT	A, B, C, D	6.135	POC AT	C, D	7.953
MM	A, B, C, D	5.004	POC MM	C, D	8.202
SCM	A, B, C, D	5.507	TC	C, D	6.119
Group 1	A, B, C, D	5.799	APC	C, D	6.360
Group 2	A, B, C, D	5.811	Cervical load	MVC in IP	5.518
Group 3	A, B, C, D	5.095			

Notes: AT, anterior temporalis; MM, masseter; SCM, sternocleidomastoid; Group 1, TMD patients with mediotrusive occlusal contact; Group 2, TMD patients without mediotrusive occlusal contact; Group 3, healthy subjects without mediotrusive occlusal contact; A, unilateral chewing of cookie; B, unilateral chewing of apple; C, eccentric grinding from intercuspal position to the working side lateral edge-to-edge contact position; D, concentric grinding from working side lateral edge-to-edge contact position to intercuspal position; POC, percentage overlapping coefficient; TC, torque coefficient; APC, antero-posterior coefficient; Cervical load: co-contraction of SCM muscle; MVC in IP, maximum voluntary clenching in intercuspal position. Unit of activity standardized: $\mu\text{V}/\mu\text{V}\%$.

Table 2 Variability of sEMG recordings during chewing and grinding tasks, and sex and age distribution among the groups

	Test	Value
Variability	CV (%)	AT: 10.449 to 24.541 MM: 10.362 to 25.220 SCM: 9.004 to 16.635
	ICC	AT: 0.923; MM: 0.941; SCM: 0.927 POC AT: 0.726; POC MM: 0.806 POC SCM: 0.900; TC: 0.805 APC: 0.738; Cervical load: 0.886
Distribution by age	Kruskal-Wallis	$p = 0.450$
Distribution by sex	χ^2	$p = 0.923$

Notes: CV, coefficient of variability; ICC, intra-class correlation coefficient; AT, anterior temporalis; MM, masseter; SCM, sternocleidomastoid; POC, percentage overlapping coefficient; TC, torque coefficient; APC, antero-posterior coefficient; Cervical load: co-contraction of SCM muscle.

samples, all p -values were > 0.05). Table 1 shows values of random errors (TEM) in each muscle, group, and index.

Task-to-task variability was estimated by CVs during cookie and apple chewing, and eccentric and concentric grinding. For AT muscles, the CVs were 10.8, 10.4, 24.5, and 20.8%, respectively; for MM muscles, 10.8, 10.3, 21.6, and 25.2%, respectively; and for SCM muscles, 9.0, 9.0, 16.6, and 15.2%, respectively. All ICC values were higher than 0.726; 77% of them were higher than 0.80 (Table 2).

Age and sex did not differ between the analyzed groups (age: Kruskal–Wallis test; sex: χ^2 test; $p > 0.05$; Table 2).

Comparisons between groups

The comparison of mean standardized EMG activity between Group 1, Group 2, and Group 3 from AT, MM, and SCM muscles during chewing and grinding tasks on both sides showed no significant differences (Tables 3 and 4).

Comparisons between working and non-working sides

During chewing tasks, a higher EMG activity was found in the WS than in the NWS for AT and MM muscles. Group 1 showed these differences during both chewing tasks and in both muscles; Group 2 showed differences during task B in both muscles; and Group 3 showed the

differences during task A only in MM muscles and during task B in both muscles. SCM muscles showed no differences between sides in all groups (Table 3).

During grinding tasks, MM muscles showed a higher EMG activity in the WS than in the NWS in all groups during eccentric grinding. In addition, Group 2 showed this difference during concentric grinding. No significant differences were observed in AT and SCM muscles during grinding tasks (Table 4).

Comparisons between chewing tasks

During chewing tasks, higher EMG activity was found during task A than during task B. In Group 1, AT and MM muscles showed this difference on both sides. In Group 2, the difference was found in AT muscles in the NWS, and in MM muscles on both sides. In Group 3, these differences were observed in all muscles on both sides. An exception was found in Group 2: SCM muscles in the NWS had higher activity during task B than during task A (Tables 3 and 5).

Comparisons between grinding tasks

During grinding tasks, the results showed no significant differences in AT and MM muscles, except in Group 1, where AT muscles in the WS had higher activity during eccentric grinding compared with concentric grinding. SCM showed these differences in all groups and both

Table 3 Comparison of standardized EMG activity between groups and between sides, recorded during chewing tasks

Muscle	Task	Side	Group 1		Group 2		Group 3		p-value [‡]
			Median	IQR	Median	IQR	Median	IQR	
AT	A	WS	48.38	21.76	33.31	36.90	36.65	22.67	0.258
AT	A	NWS	44.99	20.51	29.39	26.39	28.09	12.17	0.134
p-value [†]			0.019 [*]		0.211		0.211		
AT	B	WS	38.91	18.94	32.62	28.42	27.24	9.53	0.065
AT	B	NWS	25.39	11.60	20.49	17.28	15.84	14.99	0.149
p-value [†]			0.002 [*]		0.031 [*]		0.006 [*]		
MM	A	WS	39.17	25.12	32.25	32.92	33.65	27.62	0.617
MM	A	NWS	38.38	18.51	27.02	12.88	29.17	13.64	0.414
p-value [†]			0.039 [*]		0.069		0.041 [*]		
MM	B	WS	34.38	10.25	26.62	28.46	23.00	25.62	0.321
MM	B	NWS	25.33	11.83	20.22	15.19	20.80	9.02	0.367
p-value [†]			0.007 [*]		0.027 [*]		0.036 [*]		
SCM	A	WS	8.33	12.77	8.33	21.84	10.02	8.02	0.700
SCM	A	NWS	9.96	14.53	6.01	10.30	9.54	18.21	0.702
p-value [†]			0.552		0.173		0.427		
SCM	B	WS	7.88	12.47	8.70	16.98	9.68	11.02	0.704
SCM	B	NWS	8.31	10.13	6.74	11.08	6.94	14.87	0.810
p-value [†]			0.753		0.140		0.691		

*Kruskal-Wallis test.

†Wilcoxon signed rank-sum test.

*Significant difference at $p < 0.05$.

Group 1, TMD patients with mediotrusive occlusal contact; Group 2, TMD patients without mediotrusive occlusal contact; Group 3, healthy subjects without mediotrusive occlusal contact; AT, anterior temporalis; MM, masseter; SCM, sternocleidomastoid; A, unilateral chewing of cookie; B, unilateral chewing of apple; WS, working side; NWS, non-working side; IQR, interquartile range.

Table 4 Comparison of standardized EMG activity between groups and between sides, recorded during grinding tasks

Muscle	Task	Side	Group 1		Group 2		Group 3		p-value [‡]
			Median	IQR	Median	IQR	Median	IQR	
AT	C	WS	14.51	19.56	9.78	28.08	8.10	8.94	0.151
AT	C	NWS	11.79	14.88	9.82	1.34	7.88	9.49	0.150
p-value [†]			0.753		0.496		0.955		
AT	D	WS	9.10	9.65	13.11	13.51	6.06	11.80	0.226
AT	D	NWS	11.57	9.32	12.26	16.69	9.72	8.11	0.585
p-value [†]			0.917		0.570		0.427		
MM	C	WS	18.95	17.14	18.63	13.13	8.29	12.51	0.121
MM	C	NWS	4.95	7.10	6.37	7.76	4.14	9.61	0.450
p-value [†]			0.013 [*]		0.001 [*]		0.003 [*]		
MM	D	WS	12.75	15.14	16.66	20.19	9.27	16.89	0.481
MM	D	NWS	9.41	17.20	11.26	13.96	8.4	11.73	0.522
p-value [†]			0.116		0.009 [*]		0.140		
SCM	C	WS	24.17	38.59	21.26	13.73	15.33	11.86	0.265
SCM	C	NWS	12.02	26.22	7.86	13.61	12.51	19.21	0.375
p-value [†]			0.221		0.112		0.820		
SCM	D	WS	12.66	19.99	13.74	16.80	9.48	9.15	0.539
SCM	D	NWS	14.58	20.38	7.39	10.13	10.04	20.29	0.384
p-value [†]			0.753		0.125		0.460		

*Kruskal-Wallis test.

†Wilcoxon signed rank-sum test.

*Significant difference at $p < 0.05$.

Group 1, TMD patients with mediotrusive occlusal contact; Group 2, TMD patients without mediotrusive occlusal contact; Group 3, healthy subjects without mediotrusive occlusal contact; AT, anterior temporalis; MM, masseter; SCM, sternocleidomastoid; C, eccentric grinding from intercuspal position to the working side lateral edge-to-edge contact position; D, concentric grinding from working side lateral edge-to-edge contact position to intercuspal position; WS, working side; NWS, non-working side; IQR, interquartile range.

sides, except in Group 1 in the NWS, where there was no significant difference (Tables 4 and 5).

Coordination indices

Percentage of overlapping coefficient (POC), torque coefficient (TC), and antero-posterior coefficient (APC) indices comparisons between groups showed no significant

differences. In most cases, values of symmetry, balance and absence of lateral jaw displacing were high in all groups. Values greater than 65% for Groups 1, 2 and 3 were 37.5, 50, and 75% respectively (Table 6).

Co-contraction of the SCM muscles during MVC in intercuspal position (cervical load) for all groups was between 14.09 and 20.13% (Table 6).

Table 5 Comparison of standardized EMG activity between cookie and apple chewing and between eccentric grinding and concentric grinding

Muscle	Group	Side	p-value chewing	p-value grinding
AT	1	WS	0.007*	0.033*
AT		NWS	0.001*	0.600
MM		WS	0.005*	0.311
MM		NWS	0.004*	0.173
SCM		WS	0.889	0.001*
SCM	2	NWS	0.075	0.650
AT		WS	0.053	0.955
AT		NWS	0.001*	0.281
MM		WS	0.001*	0.691
MM		NWS	0.003*	0.069
SCM	3	WS	0.125	0.012*
SCM		NWS	0.018*	0.017*
AT		WS	0.001*	0.256
AT		NWS	0.001*	0.460
MM		WS	0.002*	0.820
MM		NWS	0.001*	0.118
SCM		WS	0.013*	0.009*
SCM		NWS	0.017*	0.036*

*Significant difference at $p < 0.05$.

Note: Group 1, TMD patients with mediotrusive occlusal contact; Group 2, TMD patients without mediotrusive occlusal contact; Group 3, healthy subjects without mediotrusive occlusal contact; AT, anterior temporalis; MM, masseter; SCM, sternocleidomastoid; WS, working side; NWS, non-working side. p-value, probability of Wilcoxon signed rank-sum test.

Table 6 Descriptive statistics of the coordination indices

Index	Task	Group 1		Group 2		Group 3	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
POC AT	C	60.78	17.27	58.85	16.83	72.08	8.56
POC AT	D	65.96	12.74	61.24	15.18	69.61	8.87
POC MM	C	46.13	15.18	51.87	14.52	60.20	22.14
POC MM	D	59.19	12.61	58.89	19.23	64.58	16.53
TC	C	64.04	17.57	68.88	11.53	72.77	11.92
TC	D	71.46	9.62	71.91	14.86	72.06	12.65
APC	C	67.79	14.80	70.49	10.36	74.77	8.69
APC	D	64.07	12.54	69.32	10.15	66.00	11.68
Cervical load	MVC in IP	20.13	16.59	14.09	9.82	19.59	20.07

Notes: Group 1, TMD patients with mediotrusive occlusal contact; Group 2, TMD patients without mediotrusive occlusal contact; Group 3, healthy subjects without mediotrusive occlusal contact; POC: percentage overlapping coefficient; TC: torque coefficient; APC: antero-posterior coefficient; Cervical load: co-contraction of SCM muscle; AT: anterior temporalis; MM: masseter; SCM: sternocleidomastoid; C, eccentric grinding from intercuspal position to the working side lateral edge-to-edge contact position; D, concentric grinding from working side lateral edge-to-edge contact position to intercuspal position; MVC in IP, maximum voluntary clenching in intercuspal position. Unit: %.

Discussion

The specific role of dental occlusion in the predisposition to, and initiation and perpetuation of TMDs is a current topic of debate, but it is still unclear.^{2,12} Therefore, specific analysis of diverse occlusal features (as a mediotrusive contact) is important. As far as the authors know, this is the first study in which these comparisons have been done during dynamic conditions; consequently, it is difficult to contrast the current results with previous literature findings. Most researchers have conducted studies with artificial occlusal interferences, but this method has aspects that remain constrained by ethics and morality;²⁶ thus, evaluations of natural occlusal features could be a good model to study their effects.

The present investigation showed similar EMG activity between all groups on both sides during chewing

and grinding. This suggests that the presence of a natural mediotrusive contact does not cause a change in the EMG pattern of AT, MM, or SCM muscles. This is in line with previous studies in healthy subjects on AT and SCM muscles.^{5,6}

It has been pointed out that the role of dental occlusion cannot be considered negligible because it may determine the patterns of load distribution on TMJs, thus acting as a factor that could influence the overall resistance of the musculoskeletal system.¹³ Therefore, it would be expected that in subjects with TMD, the muscular patterns may be altered because the patient's adaptability has been exceeded.¹ However, it is possible that the afferent receptor discharges caused by the presence of a mediotrusive contact are insufficient to provoke a significant change in the EMG activity of the studied muscles.

Some authors suggested that TMD may be caused by occlusal macro- and micro-traumas,²⁷ and an increase in the number of occlusal contacts could also be associated with increased muscle activity.²⁸ Therefore, the absence of significant EMG differences between subjects with and without mediotrusive contacts could be explained by a high adaptation capability of the stomatognathic system of the individual studied, in order to avoid this kind of contact leading to permanent changes in muscle or TMJ function.²⁹

Furthermore, the results of the present study suggest the predominance of central suprasegmentary control in the motor neuron pool that controls the studied muscles over the peripheral feedback. This supports the concept that modulation of muscle activity is not a direct consequence of a peripheral nociceptive mechanism in which pain is not associated directly with muscle hyperactivity, and seems to indicate that adaptation is centrally mediated.³⁰ It is possible that the stomatognathic system prioritizes an adequate chewing function over the probable biomechanical imbalances or prevents muscular pain. Considering that the grinding tasks were performed in a conscious manner, this central influence could predominate over the influence of TMJ signs or symptoms.

It is important to note that the mediotrusive contacts may have changed the normal muscular pattern of activity in the past, and then the patients returned to the initial muscular condition over the long term. New studies to cover this issue are required.

To the authors' knowledge, there are no studies that compared EMG activity between working and non-working sides in TMD patients during jaw motor tasks. Nishigawa et al.³¹ studied healthy subjects with and without natural mediotrusive contacts, and found higher activity in the AT and MM muscles on the WS than on the NWS during gum chewing. A previous study in healthy subjects did not show statistical differences between sides during chewing for AT muscle.⁵ This is in agreement with the present study during cookie chewing, but not during apple chewing, because in all groups AT and MM showed higher EMG activity on the WS than on the NWS during apple chewing, but only sometimes during cookie chewing.

To better understand these results, it is necessary to link them with the comparisons between tasks. The EMG pattern shows higher activity during chewing cookies than apples in all muscles on both sides (with some exceptions), together with a higher activity in the WS than in the NWS. The higher EMG activity during cookie chewing may be caused by the possible higher hardness of cookies (food hardness was not measured); other authors have found a significant correlation between EMG activity and food consistency.³²

If cookies are harder than apple, higher EMG activity may be required on both sides to effectively perform the masticatory cycle. The EMG activity in the WS and the NWS similarly increase, possibly masking between sides differences. On the other hand, for a softer food like apple, an increment in EMG activity just on the WS may be sufficient, thus maintaining the differences between sides. In an experiment on an animal model, Morita et al.³³ suggested that during chewing, MM muscle on the WS begins to exert the maximum mechanical influence on the bite after its EMG peak in the early occlusal phase, and this effect appears to be involved in the stabilization of the condyle.

During tooth grinding, differences between sides were seen during eccentric grinding in all groups only in MM muscles. These results disagree with other works in healthy subjects for AT and MM,^{34,35} but are in line with another investigation on SCM muscle.³⁶

When the eccentric grinding is being conducted, the TMJs are not equally loaded. The jaw is fulcrumed around the laterotrusive contact, causing an increase in intra-articular pressure in the contralateral joint and a sudden decrease in intra-articular pressure in the ipsilateral joint.³⁷ This load increment in the contralateral TMJ could produce a high stimulation of its proprioceptors, generating inhibitory reflexes to decrease muscular activity in the MM on the NWS, thus preventing articular damage.³⁸

When eccentric grinding is taking place, orthopedic stability is gradually diminishing. Another fact is that this is not a common movement. Therefore, the suprasegmentary influence may be high. This phenomenon does not occur during concentric grinding, because the mandible is gaining stability and it is a common movement performed during habitual chewing, which does not need a great difference of activity between the WS and NWS.

In general, the comparison between grinding tasks showed higher EMG activity during eccentric than during concentric grinding only in SCM muscles. An explanation similar to that given for cookie chewing is possible for eccentric grinding too, because both SCM muscles may increase their activity to provide higher head stability during this forced and unilateral movement. Therefore, no significant difference between sides was observed. A neuroanatomical coupling between the mandibular and cervical motor systems is necessary to maintain head and jaw stability.³⁹

The coordination indices results showed no statistical differences between groups. However, in healthy subjects, larger values were found for POC, TC, and APC. This behavior means that the influence of achieving a correct mandibular movement during grinding (involving head/jaw stabilization with a high conscious component) is

higher than the influence of TMD signs or symptoms. A study performed in 2008⁴⁰ showed no difference in AT and MM POCs between myogenous TMD patients and controls during clenching.

Overall, assessing separately the muscles and tasks, higher values of symmetry were found in AT muscles and during concentric grinding, with less jaw displacement in this task. This behavior is possible because during eccentric grinding, the mandible is moving farther away from the centric position, increasing jaw displacement and articular load in the contralateral TMJ (as explained previously) during eccentric muscular contraction. Consequently, lower values for POC and TC were found during this task. As demonstrated previously, the EMG pattern changes depending on the type of tooth grinding.³⁴ For all these reasons, when professionals assess patients for experimental or diagnostic purposes, it is important to consider the force and directionality of jaw movements as well as the conscious component of task performance.

For correct calculations of standardized indices, the continuous presence of tooth contact during task registration is critical; for this reason, the authors calculated them only during the grinding tasks.

The present study has some limitations:

- TMD groups were not subdivided by type of disorder in Axis I, namely myogenous patients (Ia) and arthrogenous patients (IIa), and therefore, it is not possible to determine the influence of each condition.
- Since the psychosocial status of the subjects was not evaluated, it is not possible to establish the influence of Axis II variables on muscular activity.
- Experimental eccentric and concentric grinding has been used previously;^{5, 34–36, 41} nevertheless, it is not possible to directly extrapolate these results in patients that perform tooth grinding from bruxism. Further studies on this issue are required.

Conclusion

In accordance with the present results and within the above limitations, the authors rejected the hypothesis because there are no differences in the muscular pattern of activity and EMG indices between TMD patients with natural mediotrusive contact, TMD patients without natural mediotrusive contact, and healthy subjects.

In conclusion, according to the outcomes of this study, the contribution of an occlusal mediotrusive contact to the change of EMG pattern in a population of TMD patients and healthy subjects is minor. Therefore, the elimination of this occlusal feature for therapeutic purposes could be not indicated.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest with respect to the authorship and/or publication of this article.

Acknowledgments

The authors gratefully wish to thank all the volunteers and staff at the Laboratory of Movement Analysis (LAM) and Laboratory of Functional Anatomy of the Stomatognathic System (LAFAS), Università degli Studi di Milano, Milan, Italy. We also thank Professors Corrado Paganelli and Luca Visconti for their valuable help in the recruitment of patients.

Funding

The study was self-funded by the authors.

References

1. Okeson JP, editor. Management of temporomandibular disorders and occlusion. 7th ed. St. Louis, MO: Mosby, Elsevier; 2013. p. 82.
2. De Boever JA, Carlsson GE, Klineberg IJ. Need for occlusal therapy and prosthodontic treatment in the management of temporomandibular disorders. Part I. Occlusal interferences and occlusal adjustment. *J Oral Rehabil.* 2000;27:367–379.
3. Ferrario VF, Sforza C, Serrao G, Colombo A, Schmitz JH. The effects of a single intercuspal interference on electromyographic characteristics of human masticatory muscles during maximal voluntary teeth clenching. *Cranio.* 1999;17:184–188.
4. Yashiro K, Yamamoto K, Takada K, Murakami S, Uchiyama Y, Furukawa S. Influence of balancing-side occlusal interference on smoothness of working-side condylar movement and intra-articular space in chewing efforts. *J Oral Rehabil.* 2015;42:10–17.
5. Fuentes AD, Miralles R, Santander H, Gutiérrez MF, Bull R, Martín C. Effect of natural mediotrusive contact on electromyographic activity of jaw and cervical muscles during chewing. *Acta Odontol Scand.* 2015;73:626–632.
6. Fuentes AD, Martín C, Bull R, Santander H, Gutiérrez MF, Miralles R. Natural mediotrusive contact: does it affect the masticatory and neck EMG activity during tooth grinding? *Cranio.* 2015;29:1–7. In press.
7. Funato M, Ono Y, Baba K, Kudo Y. Evaluation of the non-functional tooth contact in patients with temporomandibular disorders by using newly developed electronic system. *J Oral Rehabil.* 2014;41:170–176.
8. Okeson JP. The classification of orofacial pains. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2008;20:133–144.
9. Rodrigues-Bigaton D, Berni KC, Almeida AF, Silva MT. Activity and asymmetry index of masticatory muscles in women with and without dysfunction temporomandibular. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2010;50:333–338.
10. Cooper BC, Kleinberg I. Examination of a large patient population for the presence of symptoms and signs of temporomandibular disorders. *Cranio.* 2007;25:114–126.
11. Ferrario VF, Tartaglia GM, Galletta A, Grassi GP, Sforza C. The influence of occlusion on jaw and neck muscle activity: a surface EMG study in healthy young adults. *J Oral Rehabil.* 2006;33:341–348.
12. Türp JC, Schindler H. The dental occlusion as a suspected cause for TMDs: epidemiological and etiological considerations. *J Oral Rehabil.* 2012;39:502–512.
13. Manfredini D, Perinetti G, Guarda-Nardini L. Dental malocclusion is not related to temporomandibular joint clicking: a logistic regression analysis in a patient population. *Angle Orthod.* 2014;84:310–315.
14. Manfredini D, Landi N, Romagnoli M, Bosco M. Psychic and occlusal factors in bruxers. *Aust Dent J.* 2004;49:84–89.
15. Landi N, Manfredini D, Tognini F, Romagnoli M, Bosco M. Quantification of the relative risk of multiple occlusal variables for muscle disorders of the stomatognathic system. *J Prosthet Dent.* 2004;92:190–195.

16. Dworkin SF, LeResche L. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique. *J Craniomand Dis Facial Oral Pain*. 1992;6:301–355.
17. Ferrario VF, Sforza C, Colombo A, Ciusa V. An electromyographic investigation of masticatory muscles symmetry in normo-occlusion subjects. *J Oral Rehabil*. 2000;27:33–40.
18. Chiappe G, Fantoni F, Landi N, Biondi K, Bosco M. Clinical value of 12 occlusal features for the prediction of disc displacement with reduction (RDC/TMD Axis I group IIa). *J Oral Rehabil*. 2009;36:322–329.
19. Ogawa T, Ogimoto T, Koyano K. Validity of the examination method of occlusal contact pattern relating to mandibular position. *J Dent*. 2000;28:23–29.
20. Tartaglia GM, Lodetti G, Paiva G, De Felicio CM, Sforza C. Surface electromyographic assessment of patients with long lasting temporomandibular joint disorder pain. *J Electromyogr Kinesiol*. 2011;21:659–664.
21. Manfredini D, Cocilovo F, Favero L, Ferronato G, Tonello S, Guarda-Nardini L. Surface electromyography of jaw muscles and kinesiographic recordings: diagnostic accuracy for myofascial pain. *J Oral Rehabil*. 2011;38:791–799.
22. Sforza C, Tartaglia GM, Solimene U, Morgun V, Kaspranskiy RR, Ferrario VF. Occlusion, sternocleidomastoid muscle activity, and body sway: a pilot study in male astronauts. *Cranio*. 2006;24:43–49.
23. Tartaglia GM, Testori T, Pallavera A, Marelli B, Sforza C. Electromyographic analysis of masticatory and neck muscles in subjects with natural dentition, teeth-supported and implant-supported prostheses. *Clin Oral Implants Res*. 2008;19:1081–1088.
24. Sforza C, Rosati R, De Menezes M, Musto F, Toma M. EMG analysis of trapezius and masticatory muscles: experimental protocol and data reproducibility. *J Oral Rehabil*. 2011;38:648–654.
25. Weinberg SM, Scott NM, Neiswanger K, Brandon CA, Marazita ML. Digital three-dimensional photogrammetry: evaluation of anthropometric precision and accuracy using a genex 3D camera system. *Cleft Palate Craniofac J*. 2004;41:507–518.
26. Xie Q, Li X, Xu X. The difficult relationship between occlusal interferences and temporomandibular disorder - insights from animal and human experimental studies. *J Oral Rehabil*. 2013;40:279–295.
27. Magnusson T, Egermark I, Carlsson GE. A longitudinal epidemiologic study of signs and symptoms of temporomandibular disorders from 15 to 35 years of age. *J Orofac Pain*. 2000;14:310–319.
28. Watanabe K. The relationship between dentofacial morphology and the isometric jaw-opening and closing muscle function as evaluated by electromyography. *J Oral Rehabil*. 2000;27:639–645.
29. Clark GT, Adler RC. A critical evaluation of occlusal therapy: occlusal adjustment procedures. *J Am Dent Assoc*. 1985;110:743–750.
30. Bodéré C, Téa SH, Giroux-Metges MA, Woda A. Activity of masticatory muscles in subjects with different orofacial pain conditions. *Pain*. 2005;116:33–41.
31. Nishigawa K, Nakano M, Bando E. Study of jaw movement and masticatory muscle activity during unilateral chewing with and without balancing side molar contacts. *J Oral Rehabil*. 1997;24(9):691–696.
32. Foster KD, Woda A, Peyron MA. Effect of texture of plastic and elastic model foods on the parameters of mastication. *J Neurophysiol*. 2006;95:3469–3479.
33. Morita T, Fujiwara T, Negoro T, Kurata C, Maruo H, Kurita K, et al. Movement of the mandibular condyle and activity of the masseter and lateral pterygoid muscles during masticatory-like jaw movements induced by electrical stimulation of the cortical masticatory area of rabbits. *Arch Oral Biol*. 2008;53:462–477.
34. Campillo MJ, Miralles R, Santander H, Valenzuela S, Fresno MJ, Fuentes A, et al. Influence of laterotrusive occlusal scheme on bilateral masseter EMG activity during clenching and grinding. *Cranio*. 2008;26:263–273.
35. Gutiérrez MF, Miralles R, Fuentes A, Cavada G, Valenzuela S, Santander H, et al. The effect of tooth clenching and grinding on anterior temporalis electromyographic activity in healthy subjects. *Cranio*. 2010;28:43–49.
36. Rodríguez K, Miralles R, Gutiérrez MF, Santander H, Fuentes A, Fresno MJ, Valenzuela S. Influence of jaw clenching and tooth grinding on bilateral sternocleidomastoid EMG activity. *Cranio*. 2011;29:14–22.
37. Christensen LV, Rassouli NM. Experimental occlusal interferences. Part IV. Mandibular rotations induced by a pliable interference. *J Oral Rehabil*. 1995;22:835–844.
38. Ferrario VF, Sforza C, Serrao G, Dellavia C, Tartaglia GM. Single tooth bite forces in healthy young adults. *J Oral Rehabil*. 2004;31:18–22.
39. Eriksson PO, Häggman-Henrikson B, Nordh E, Zafar H. Co-ordinated mandibular and head-neck movements during rhythmic jaw activities in man. *J Dent Res*. 2000;79:1378–1384.
40. Tartaglia GM, Moreira Rodrigues da Silva MA, Bottini S, Sforza C, Ferrario VF. Masticatory muscle activity during maximum voluntary clench in different research diagnostic criteria for temporomandibular disorders (RDC/TMD) groups. *Manual Ther*. 2008;13(5):434–440.
41. Arima T, Svensson P, Arendt-Nielsen L. Experimental grinding in healthy subjects: a model for postexercise jaw muscle soreness? *J Orofac Pain*. 1999;13:104–114.

VIII. Discusión

Debido a la etiología multifactorial de los TTM, el abordaje y comprensión de la influencia de los contactos oclusales mediotrusivos en la actividad muscular de los pacientes con esta afección es compleja. Esto se acrecienta, pensando en que los patrones electromiográficos de actividad durante función y parafunción no se encuentran explícitamente descritos en la literatura para la musculatura mandibular y menos aún, para la musculatura cervical. Para esto se precisa primariamente el conocer los patrones de actividad EMG en los sujetos sanos, para seguidamente establecer las posibles diferencias con los pacientes que padecen TTM.

El primer estudio (Fuentes y cols., 2015a) evaluó el efecto del contacto oclusal mediotrusivo natural en los patrones de actividad EMG, como su grado de asimetría durante una actividad habitual como es la masticación. Para esto se seleccionaron sujetos sanos con y sin este tipo de contacto oclusal. Asimismo se evaluó la diferencia de la actividad EMG entre el lado de trabajo y de no trabajo durante la masticación de alimentos con distintas características reológicas.

En el segundo estudio (Fuentes y cols., 2015b) se evaluó el efecto del contacto mediotrusivo en la actividad EMG en sujetos sanos de manera similar al estudio anterior, pero esta vez durante dos condiciones experimentales parafuncionales, como lo son el rechinamiento dentario excéntrico y el rechinamiento dentario concéntrico. Se evaluó también la asimetría muscular durante ambas actividades.

El tercer estudio (Fuentes y cols., 2016) evaluó la influencia del contacto mediotrusivo natural en la actividad EMG de pacientes con TTM y sujetos sanos durante la masticación y el rechinamiento dentario, incluyendo la realización de índices de coordinación muscular. Además de la comparación entre los grupos de sujetos, se efectuó la comparación entre el lado de trabajo y no trabajo, y se determinaron las posibles diferencias entre ambas condiciones de masticación y entre ambas condiciones de rechinamiento dentario.

1. Estudio 1

Efecto del contacto oclusal mediotrusivo natural en la actividad electromiográfica de los músculos mandibulares y cervicales durante la masticación

Effect of natural mediotrusive contact on electromyographic activity of jaw and cervical muscles during chewing

El principal hallazgo del estudio fue el similar patrón de actividad EMG, así como los índices de asimetría similares entre los sujetos con y sin el contacto oclusal mediotrusivo natural en ambos pares musculares del temporal anterior y esternocleidomastoideo. La similar actividad EMG observada entre ambos grupos en el lado de trabajo y de no trabajo sugiere el predominio del control central suprasegmentario por sobre los mecanismos de retroalimentación periféricos en el grupo de motoneuronas que controlan los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos (Morquette y cols., 2012). La mayoría de las investigaciones realizadas con el fin de evaluar la influencia inmediata en la actividad muscular que se produce tras la inserción de una interferencia oclusal artificial (como una férula o una incrustación tipo onlay), no han incluido datos sobre la adaptación en el largo plazo. Las preocupaciones éticas en relación al daño potencial que pueden producir estas interferencias artificiales en los sujetos (Xie y cols., 2013) hacen del contacto mediotrusivo natural un buen modelo para estudiar este fenómeno. Cabe señalar que son escasas las investigaciones acerca del efecto del contacto mediotrusivo en la actividad del músculo esternocleidomastoideo, lo que dificulta la comparación de nuestros resultados. Este es posiblemente el primer estudio que compara, en sujetos sanos adaptados con y sin contacto molar mediotrusivo natural, el efecto de esta característica oclusal en la actividad EMG de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos, durante la masticación habitual de alimentos.

La similar actividad EMG en el músculo temporal anterior entre el lado de trabajo y de no trabajo no coincide con lo reportado por Nishigawa y cols. (1997), quienes observaron una mayor actividad en el músculo temporal anterior del lado de trabajo durante la masticación de chicle, en sujetos con y sin contacto mediotrusivo natural. Esta discrepancia puede ser explicada al menos por tres razones:

- a) La diferencia en los materiales usados para la masticación (galleta, manzana, chicle), los cuales poseen diferentes características reológicas, las que pueden provocar una influencia diferente en la actividad EMG.
- b) En el estudio de Nishigawa y cols., no se efectuó la comparación entre el lado de trabajo y de no trabajo, solo fue calculado el índice de asimetría.
- c) Las condiciones utilizadas en nuestro trabajo, por ejemplo, el contacto mediotrusivo natural, el lado habitual de masticación y los alimentos habituales, posiblemente disminuyeron la intensidad de la retroalimentación periférica, permitiendo el predominio de los circuitos nerviosos centrales durante la masticación (Nakamura & Katakura, 1995; Moore y cols., 2014).

El músculo esternocleidomastoideo mostró una mayor actividad EMG en el lado de trabajo en el grupo sin contacto mediotrusivo. Este resultado está de acuerdo con lo encontrado por Kohno y cols. (1988), quienes registraron la actividad EMG bilateral durante la masticación de chicle.

Se debe hacer notar que el rol principal del músculo esternocleidomastoideo durante una contracción unilateral es el de inclinar la cabeza hacia el lado ipsilateral y rotar la cabeza hacia el lado contralateral (Hellmann y cols., 2012). Por lo tanto, este músculo podría ser más sensible a los cambios de la postura mandibular durante la masticación, resultando un aumento de la actividad EMG en el lado de trabajo. Durante la masticación, Kohno y cols. (1988) encontraron una alta actividad EMG cerca de la inserción mastoidea del músculo esternocleidomastoideo y una baja actividad en la parte media muscular. Esto es relevante ya que en nuestro estudio los electrodos fueron ubicados en la porción muscular media del músculo esternocleidomastoideo. La falta de diferencias entre lados en el grupo con contacto mediotrusivo puede ser debida al hecho de que esta característica oclusal brinda un punto de contacto que equilibra el movimiento mandibular, el cual puede provocar un cambio biomecánico con un reclutamiento pequeño de unidades motoras, lo que explicaría la reducida actividad EMG en el lado de trabajo. Es importante recalcar que la activación concomitante del músculo esternocleidomastoideo durante la masticación, puede tener un rol en la estabilización de la cabeza en el espacio, mientras que los músculos mandibulares mueven la mandíbula, consiguiendo un patrón de movimiento tridimensional finamente controlado, con la fuerza óptima para lograr la trituración del

alimento y el transporte para la preparación de la deglución (Eriksson y cols., 2000; Shimazaki y cols., 2006; Hellmann y cols., 2012; Häggman-Henrikson y cols., 2013). Esto también apoya el concepto del acoplamiento funcional trigémico-cervical durante las actividades mandibulares (Eriksson y cols., 1998).

Aunque el contacto mediotrusivo natural no debiese interferir inicialmente con la guía laterotrusiva durante el movimiento masticatorio (todos los sujetos tenían una guía canina o función de grupo funcional), cuando el contacto oclusal ocurría en ambos lados (en el grupo con contacto mediotrusivo) pudo ocurrir un cambio en el ciclo rítmico normal de la masticación y, en consecuencia, un cambio en el engrama muscular, el cual representa la fórmula que posee la neuromusculatura para lograr una ubicación mandibular particular en las tres dimensiones del espacio (Lerman, 2011).

Desde un punto de vista global, nuestros resultados apoyan la idea de los mecanismos de adaptación funcional y/o estructural en la unidad cráneo-cérvico-mandibular por sobre la presencia o ausencia del contacto oclusal mediotrusivo natural. Esto está de acuerdo con la idea de que los sistemas biológicos no deben ser vistos como sistemas rígidos e inmutables (Mohl, 1988; Soboļeva y cols., 2005).

En relación con los índices de asimetría parcial y total, los resultados no mostraron diferencias entre los grupos. Este resultado concuerda con Pröschel y cols. (2008), quienes encontraron que durante la masticación de chicle la actividad muscular fue simétrica, no existiendo diferencias entre el lado de trabajo y de no trabajo. Es importante señalar que estos autores utilizaron la misma razón matemática para el estudio del músculo temporal anterior en sujetos sanos sin contacto mediotrusivo. Sin embargo nuestros resultados no coinciden con Blanksma y van Eijden (1995), quienes realizaron un registro unilateral de la actividad EMG del músculo temporal anterior en sujetos sin contacto mediotrusivo durante la masticación de chicle por ambos lados. Estos autores encontraron que el músculo del lado de trabajo fue significativamente más activo que el del lado de no trabajo.

Durante las condiciones de apretamiento en posición intercuspál se espera una activación más simétrica de los pares musculares. Sin embargo consideramos que es importante verificar la magnitud de la activación de los músculos mandibulares y cervicales durante la masticación (una condición dinámica), permitiendo comparar el

esfuerzo de trabajo de las pruebas masticatorias entre el lado de trabajo y de no trabajo para cada músculo (Nishigawa y cols., 1997).

El presente trabajo presenta al menos tres limitaciones:

- a) No fue registrada la diferencia entre la posición retruida de contacto y la posición intercuspal. En el estudio de Ramfjord (1961), la discrepancia oclusal entre ambas posiciones demostró un patrón de desarmonía en la actividad muscular (asimetría) durante una condición funcional. Por esto, Clark y Evans (2001) señalan que no existe una apropiada descripción de actividad EMG “normal” en los músculos masticatorios.
- b) No es posible determinar si el patrón de actividad EMG cambió con la aparición del contacto mediotrusivo y si luego en el largo plazo regresó al patrón de actividad inicial.
- c) No se puede conocer la influencia del contacto mediotrusivo en otros músculos mandibulares (como el masetero), por lo que se hacen necesarios futuros estudios al respecto.

2. Estudio 2

Contacto mediotrusivo natural: ¿afecta la actividad EMG masticatoria y cervical durante el rechinar dentario?

Natural mediotrusive contact: does it affect the masticatory and neck EMG activity during tooth grinding?

El principal hallazgo de este estudio fue que la presencia de un contacto mediotrusivo natural no provoca una alteración en los patrones EMG y en la simetría en los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos, durante el rechinar excéntrico ni concéntrico. Los datos mostraron una variabilidad considerable, lo cual se pudo observar por las grandes desviaciones estándar comparadas con las medias. Esto significa que aunque los criterios de entrada para nuestra muestra fueron estrictos y todos los sujetos seleccionados cumplieron los requisitos establecidos, la variabilidad inter-sujetos es grande y debe considerarse. Desde el punto de vista estadístico, este hecho fue tenido en cuenta, escogiendo los test no paramétricos para el análisis de nuestros datos.

Los sujetos del Grupo 2 (controles) presentaron una actividad EMG similar en los músculos temporales anteriores durante las condiciones de rechinar entre el lado de trabajo y el lado de no trabajo. Este resultado no concuerda con nuestros estudios previos en sujetos sanos con distintos esquemas laterotrusivos (guía canina o función de grupo) pero sin contacto mediotrusivo, donde la actividad EMG fue mayor en el lado de trabajo que el de no trabajo durante el rechinar excéntrico y concéntrico. Es difícil explicar esta discrepancia. Podemos especular que esta diferencia se puede deber a que los sujetos del estudio anterior, presentaban distinta relación molar según la clasificación de Angle. Moreno y cols. (2008) encontraron que los sujetos con clase III según Angle, la actividad EMG del músculo temporal anterior mostró una tendencia de mayor activación que en las clases I y II, especialmente durante las tareas de máximo esfuerzo, aunque sin ser estadísticamente significativo. Harper y cols. (1997) mostraron que los sujetos con clase II presentaron menores valores que los sujetos con clase I, durante máximo esfuerzo en posición intercuspal. Por su parte, Gadotti y cols. (2005) indicaron que el patrón de actividad muscular fue distinto en sujetos con oclusión clase II comparados con aquellos con oclusión clase I.

Sin embargo, estos resultados no pueden ser extrapolados directamente a nuestro estudio, debido a que esas investigaciones no fueron desarrolladas durante el rechinar dentario.

En el presente estudio, los sujetos del Grupo 1 (con contacto oclusal mediotrusivo natural) mostraron una menor actividad EMG en el músculo temporal anterior del lado de no trabajo comparado al lado de trabajo durante el rechinar concéntrico. En nuestra opinión, como la mandíbula se encuentra regresando a la posición intercuspal con una mayor estabilidad proporcionada por el contacto mediotrusivo, se necesita un menor esfuerzo del músculo temporal anterior del lado de no trabajo para realizar el movimiento.

En el músculo esternocleidomastoideo, cuando se comparó el lado de trabajo con el lado de no trabajo, se observó el mismo patrón de actividad EMG en ambos grupos durante el rechinar excéntrico y concéntrico. Este resultado coincide con otro estudio desarrollado en sujetos sanos durante rechinar dentario, pero sin contacto mediotrusivo (Rodríguez y cols., 2011).

La razón matemática de la actividad muscular normalizada utilizada en nuestro estudio es una adaptación de la razón de la posición intercuspal que normalizaba la actividad EMG propuesta por Mizutani y cols. (1989). Esta fórmula ha sido usada también por otros autores (Baba y cols., 2000b; Okano y cols., 2007). Hemos adaptado la fórmula porque solamente podía ser aplicada cuando la máxima actividad del músculo fuese obtenida durante el apretamiento en posición intercuspal, lo cual ocurre solo en algunos músculos, como el masetero o temporal. Sin embargo no es aplicable, por ejemplo para los músculos cervicales. La razón de actividad muscular normalizada puede utilizarse para la normalización de otros músculos, porque el denominador de la razón ha sido cambiado por la actividad EMG registrada durante la condición de estandarización escogida (máxima actividad muscular durante una contracción isométrica). Esta aproximación también ha sido utilizada por otros autores (Burden & Bartlett, 1999; Armijo-Olivo & Magee, 2007).

Los índices de asimetría parcial y total de la actividad EMG no mostraron diferencias significativas para los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos. Sin embargo, Ferrario y cols. (2003) mostraron un cambio inmediato del patrón EMG de

los músculos esternocleidomastoideos luego de la inserción de una interferencia oclusal artificial. Esta discrepancia puede ser explicada por:

- a) la diferente condición estudiada (máximo apretamiento voluntario),
- b) la interferencia experimental fue ubicada en distintas posiciones (caninos maxilares y primeros molares maxilares),
- c) los sujetos no tuvieron un periodo de adaptación a la interferencia artificial, lo cual puede aumentar dramáticamente la influencia periférica, impactando en el equilibrio muscular.

Desde un punto de vista general, no podemos contrastar nuestros resultados, ya que este es el primer estudio en el cual se la evaluado la influencia del contacto molar mediotrusivo natural en la actividad EMG de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos.

Los resultados de esta investigación pueden ser explicados por al menos dos razones:

- a) el predominio del control nervioso central por sobre las influencias periféricas (Hellsing, 1980), iniciadas por la presencia del contacto mediotrusivo natural en los grupos de motoneuronas que controlan los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos.
- b) los sujetos estudiados que presentaron el contacto mediotrusivo natural se encontraban bien adaptados, esto se fundamenta en el hecho de que no mostraron evidencia de signos o síntomas asociados con esta característica oclusal. De acuerdo con nuestros resultados es posible especular que el contacto mediotrusivo puede no ser un iniciador de los TTM. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos hallazgos no pueden ser extrapolados a pacientes con signos o síntomas de TTM y/o dolor miofascial. Durante un tratamiento de rehabilitación, como por ejemplo una corona periférica, puede eventualmente producirse un contacto mediotrusivo artificial, con lo que puede esperarse un incremento drástico de la influencia periférica, provocando un impacto en el equilibrio muscular. Sin embargo al largo plazo, el efecto del contacto mediotrusivo artificial dependerá de la capacidad de adaptación del sujeto.

Hay algunas limitaciones del estudio a considerar:

- a) no es posible determinar si el contacto mediotrusivo cambió inicialmente el patrón EMG y se produjo posteriormente una adaptación.

b) no es posible conocer el efecto del contacto mediotrusivo en otros músculos mandibulares. Por lo tanto, son necesarios más estudios al respecto.

3. Estudio 3

Evaluación de la actividad electromiográfica en pacientes con trastornos temporomandibulares y contacto oclusal mediotrusivo natural durante la masticación y el rechinamiento dentario

Assessment of electromyographic activity in patients with temporomandibular disorders and natural mediotrusive occlusal contact during chewing and tooth grinding

El rol específico de la oclusión dentaria en la predisposición, iniciación y perpetuación de los TTM es un tema de debate aun no resuelto (De Boever y cols., 2000; Türp & Schindler, 2012).

La presente investigación mostró una actividad EMG similar entre los grupos en ambos lados durante la masticación y el rechinamiento. Esto sugiere que la presencia de un contacto natural mediotrusivo no causa un cambio en el patrón EMG de los músculos temporales anteriores, maseteros y esternocleidomastoideos. Este resultado está de acuerdo con estudios previos realizados en los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos de sujetos sanos (Fuentes y cols., 2015a; Fuentes y cols., 2015b).

Se ha señalado que el rol de la oclusión dentaria no puede ser considerado insignificante, porque puede determinar los patrones de distribución de las cargas en las ATM, actuando como un factor que podría influenciar la resistencia general del sistema músculo esquelético (Manfredini y cols., 2014b). Por lo tanto, se podría esperar que en los sujetos con TTM los patrones musculares podrían estar alterados, debido a que ha sido sobrepasada la capacidad de adaptación de los pacientes (Okeson, 2013). Sin embargo, es posible que las descargas de los receptores aferentes, originadas por la presencia de un contacto mediotrusivo, sean insuficientes para provocar un cambio significativo en la actividad EMG de los músculos estudiados.

Algunos autores han sugerido que los TTM pueden ser causados por macro y micro traumas (Magnusson y cols., 2000) y que un aumento del número de los contactos oclusales puede también estar asociado con un aumento de la actividad muscular (Watanabe, 2000). Por lo tanto, la ausencia de diferencias EMG significativas entre los sujetos con y sin contacto mediotrusivo podría ser explicada por la alta capacidad de adaptación del sistema estomatognático de las personas estudiadas, con el fin de

evitar que este tipo de contactos provoque cambios permanentes en la función muscular o de las ATM (Clark & Adler, 1985).

Asimismo, los resultados del presente estudio sugieren el predominio del control central suprasegmentario en el grupo de motoneuronas que controlan los músculos estudiados, por sobre la retroalimentación periférica. Esto apoya el concepto de que la modulación de la actividad muscular no es una consecuencia directa del mecanismo nociceptivo periférico, en el cual el dolor no se encuentra directamente asociado con la hiperactividad muscular, lo que parece indicar que la adaptación es mediada centralmente (Bodéré y cols., 2005). Es posible que el sistema estomatognático priorice una adecuada función masticatoria por sobre el posible desequilibrio biomecánico o la prevención del dolor muscular. Considerando que las pruebas de rechinamiento fueron desarrolladas de manera consciente, esta influencia central podría preponderar sobre la influencia de los signos o síntomas de las ATM.

Es importante señalar que los contactos mediotrusivos pueden haber modificado el patrón de actividad muscular en un comienzo, regresando los pacientes a su condición muscular inicial en el largo plazo. Son necesarios nuevos estudios para abordar este aspecto.

A saber de los autores, no hay estudios que hayan comparado la actividad EMG entre el lado de trabajo y el lado de no trabajo en pacientes con TTM durante pruebas motoras mandibulares. Nishigawa y cols. (1997) estudiaron sujetos sanos con y sin contactos mediotrusivos naturales, encontrando una mayor actividad de los músculos temporal anterior y masetero en el lado de trabajo durante la masticación de chicle. Un estudio previo realizado en sujetos sanos no mostró diferencias estadísticas entre ambos lados durante la masticación en el músculo temporal anterior (Fuentes y cols., 2015a). Esto está de acuerdo con el presente estudio durante la masticación de galleta pero no durante la masticación de manzana, porque en todos los grupos los músculos temporales anteriores y maseteros presentaron una mayor actividad EMG en el lado de trabajo durante la masticación de manzana, pero solamente algunas veces durante la masticación de galleta.

Para comprender mejor estos resultados, es necesario relacionarlos con las comparaciones entre las pruebas. El patrón EMG mostró una mayor actividad durante la masticación de galleta en todos los músculos en ambos lados (con algunas

excepciones), junto con una mayor actividad en el lado de trabajo. La mayor actividad durante la masticación de galleta puede ser causada por la posible mayor dureza de éstas (la dureza de los alimentos no fue medida); otros autores han encontrado una correlación significativa entre la actividad EMG y la consistencia de los alimentos (Foster y cols., 2006).

Si las galletas son más duras que las manzanas, una mayor actividad EMG podría ser necesaria en ambos lados para desarrollar de manera efectiva el ciclo masticatorio. La actividad EMG en el lado de trabajo y en el lado de no trabajo aumentó de manera similar, lo que probablemente ocultó las diferencias entre los lados. Por otra parte, para un alimento más blando como la manzana, un incremento de la actividad EMG de solamente el lado de trabajo podría ser suficiente, manteniendo las diferencias entre los lados. En un experimento realizado en modelo animal, Morita y cols. (2008) sugirieron que durante la masticación, el músculo masetero del lado de trabajo comenzó a ejercer la máxima influencia mecánica de la mordida luego de su pico de actividad EMG en la fase oclusal temprana y este efecto pareció estar involucrado en la estabilización condilar.

Durante el rechinar dentario, se observaron las diferencias entre los lados durante el rechinar excéntrico en todos los grupos solamente en los músculos maseteros. Estos resultados no coinciden con otros trabajos efectuados en los músculos temporales anteriores y maseteros de sujetos sanos (Campillo y cols., 2008; Gutiérrez y cols., 2010), pero está de acuerdo con otra investigación en el músculo esternocleidomastoideo (Rodríguez y cols., 2011).

Cuando se realiza el rechinar excéntrico, las ATM no se encuentran con la misma carga. La mandíbula se gira utilizando como fulcrum el contacto mediotrusivo, lo que origina un aumento de la presión intraauricular de la articulación contralateral y una repentina disminución de la presión intraauricular de la articulación ipsilateral (Christensen & Rassouli, 1995c). Este incremento en la carga de la ATM contralateral puede producir una alta estimulación de sus propioceptores, generando reflejos inhibitorios para disminuir la actividad muscular del músculo masetero del lado de no trabajo, con el fin de prevenir un daño en la articulación (Ferrario y cols., 2004). Cuando se está realizando el rechinar excéntrico, la estabilidad ortopédica disminuye gradualmente. Otro aspecto a considerar es que éste no es un movimiento

habitual, por lo tanto la influencia suprasegmentaria puede ser alta. Este fenómeno no ocurre durante el rechinamiento concéntrico porque la mandíbula va adquiriendo cada vez mayor estabilidad y es un movimiento común durante la masticación habitual, por lo que no es necesaria una gran diferencia de actividad entre el lado de trabajo y el lado de no trabajo.

En general, la comparación entre las pruebas de rechinamiento mostró una mayor actividad durante el rechinamiento excéntrico solamente en los músculos esternocleidomastoideos. Una explicación similar a la relatada durante la masticación de galleta es posible también para el rechinamiento excéntrico, porque ambos músculos esternocleidomastoideos pueden aumentar su actividad para brindar una mayor estabilidad de la cabeza durante este movimiento forzado y unilateral. Por lo tanto, no se observaron diferencias entre ambos lados. Un acoplamiento neuroanatómico entre los sistemas motores mandibular y cervical es necesario para mantener la estabilidad de la mandíbula y la cabeza (Eriksson y cols., 2000).

Los resultados de los índices de coordinación no mostraron diferencias estadísticas entre los grupos. No obstante, en los sujetos sanos se encontraron valores mayores para el porcentaje del coeficiente de sobreposición, coeficiente de torque y el coeficiente anteroposterior. Este comportamiento puede significar que la influencia para conseguir un movimiento correcto durante el rechinamiento (que involucra la estabilización de la cabeza y mandíbula, con un alto componente consciente) es mayor que la influencia de los signos o síntomas de los TTM. Un estudio publicado en 2008 (Tartaglia y cols., 2008) mostró que no hay diferencias en los porcentajes del coeficiente de sobreposición de los músculos temporales anterior y masetero, entre pacientes con TTM miogénico y controles durante el apretamiento dentario.

En general, al evaluar por separado los músculos y las pruebas, se encontraron mayores valores de simetría en los músculos temporales anteriores durante el rechinamiento concéntrico, con menor desplazamiento de la mandíbula. Este comportamiento es posible porque la mandíbula durante el rechinamiento excéntrico se aleja de la posición céntrica, aumentando el desplazamiento mandibular y la carga articular en la ATM contralateral (como fue explicado previamente), durante la contracción muscular excéntrica. Por consiguiente, se encontraron menores valores para el porcentaje del coeficiente de sobreposición y el coeficiente de torque durante

esta prueba. Como ha sido demostrado previamente, los cambios de los patrones EMG dependen del tipo de rechinar dentario (Campillo y cols., 2008). Por todas estas razones, cuando los profesionales evalúan los pacientes con fines diagnósticos o experimentales, es importante considerar la fuerza y dirección de los movimientos mandibulares, como también el componente consciente durante el desarrollo de la prueba.

Para un correcto cálculo de los índices estandarizados, es crítica la presencia de contacto dentario continuo durante el registro, por esta razón los autores calcularon los índices solamente durante las pruebas de rechinar.

Nuestro estudio presenta algunas limitaciones:

- Los grupos de pacientes con TTM no fueron subdivididos de acuerdo al tipo de trastorno en el eje I, es decir, pacientes miogénicos (Ia) y artrogénicos (IIa). Por lo tanto, no es posible determinar la influencia del contacto mediotrusivo en cada condición.
- Debido a que no fue evaluado el estado psicosocial de los sujetos, no es posible establecer la influencia de las variables del eje II en la actividad muscular.
- El rechinar experimental excéntrico y concéntrico ha sido utilizado anteriormente (Arima y cols., 1999; Campillo y cols., 2008; Gutiérrez y cols., 2010; Rodríguez y cols., 2011; Fuentes y cols., 2015a). Sin embargo, no es posible extrapolar directamente los resultados a pacientes que rechinan sus dientes a causa del bruxismo. Se requieren más estudios para abordar este tema.

IX. Conclusiones

1. El patrón de actividad EMG de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos fue similar entre sujetos sanos con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural, durante la masticación de galleta y manzana.
2. La actividad EMG de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos fue mayor en el lado de trabajo que en el lado de no trabajo en algunas condiciones de masticación, en sujetos sanos con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural.
3. El grado de asimetría de ambos pares musculares fue similar entre sujetos sanos con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural, durante la masticación de galleta y manzana.
4. El patrón de actividad EMG de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos fue similar entre sujetos sanos con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural, durante el rechinar dentario excéntrico y concéntrico.
5. La actividad EMG de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos fue mayor en el lado de trabajo que en el lado de no trabajo en algunas condiciones de rechinar dentario, en sujetos sanos con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural.
6. El grado de asimetría de ambos pares musculares fue similar entre sujetos sanos con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural, durante el rechinar dentario excéntrico y concéntrico.
7. El patrón de actividad EMG de los músculos temporales anteriores, maseteros y esternocleidomastoideos fue similar entre pacientes con trastornos temporomandibulares con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural y sujetos sanos sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural, en el lado de trabajo y de no trabajo durante la masticación y el rechinar dentario.

8. En general, la actividad EMG de los músculos temporales anteriores y maseteros fue mayor en el lado de trabajo que en el lado de no trabajo durante la masticación. Durante el rechinar dentario se observaron estas diferencias solamente en el músculo masetero, mientras que los músculos esternocleidomastoideos no mostraron diferencias durante la masticación y el rechinar. En general, la actividad EMG entre las condiciones de masticación fue mayor durante la masticación de galleta que de manzana, mientras que fue similar entre las condiciones de rechinar para los músculos temporales anteriores y maseteros. Por su parte los músculos esternocleidomastoideos mostraron una mayor actividad EMG durante el rechinar excéntrico.

9. Los índices de coordinación muscular de los músculos temporales anteriores y maseteros presentaron un alto grado de simetría, equilibrio muscular y ausencia de desplazamiento lateral mandibular en los pacientes con trastornos temporomandibulares y sujetos sanos, durante el rechinar dentario.

10. El grado de co-contracción de los músculos esternocleidomastoideos durante el máximo apretamiento voluntario en posición intercuspal no presentó una alta magnitud en sujetos con trastornos temporomandibulares con y sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural y en sujetos sanos sin contacto oclusal molar mediotrusivo natural.

11. De acuerdo a los resultados obtenidos en una población de pacientes con TTM y sujetos sanos, el impacto de un contacto mediotrusivo natural sobre los patrones de actividad EMG, como asimismo su efecto en la coordinación muscular fue escaso. Esto sugiere una predominancia del control nervioso central por sobre la influencia periférica que supone el contacto mediotrusivo, en el grupo de las motoneuronas que controlan los músculos temporales anteriores, maseteros y esternocleidomastoideos. Por todas estas razones, la eliminación de esta característica oclusal con fines terapéuticos podría no estar indicada.

X. Bibliografía

1. Abduo J, Tennant M, McGeachie J. Lateral occlusion schemes in natural and minimally restored permanent dentition: a systematic review. *J Oral Rehabil.* 2013; 40(10):788-802.
2. Abduo J, Tennant M. Impact of lateral occlusion schemes: A systematic review. *J Prosthet Dent.* 2015; 114(2):193-204.
3. Abubaker AO, Raslan WF, Sotereanos GC. Estrogen and progesterone receptors in temporomandibular joint discs of symptomatic and asymptomatic persons: a preliminary study. *J Oral Maxillofac Surg.* 1993; 51(10):1096-100.
4. Agrawal KR, Lucas PW, Bruce IC, Prinz JF. Food properties that influence neuromuscular activity during human mastication. *J Dent Res.* 1998; 77(11):1931-8.
5. Ahlberg J, Lobbezoo F, Ahlberg K, Manfredini D, Hublin C, Sinisalo J, Könönen M, Savolainen A. Self-reported bruxism mirrors anxiety and stress in adults. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2013; 18(1):e7-11.
6. Alexander GE, Crutcher MD. Functional architecture of basal ganglia circuits: neural substrates of parallel processing. *Trends Neurosci.* 1990; 13(7):266-71.
7. Alomar X, Medrano J, Cabratosa J, Clavero JA, Lorente M, Serra I, Monill JM, Salvador A. Anatomy of the temporomandibular joint. *Semin Ultrasound CT MR.* 2007; 28(3):170-83.
8. American Academy of Sleep Medicine (AASM). Sleep related bruxism. En: *International classification of sleep disorders*. 3rd ed. American Academy of Sleep Medicine, Darien, IL, USA, 2014.
9. Anderson GC, Gonzalez YM, Ohrbach R, Truelove EL, Sommers E, Look JO, Schiffman EL. The Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders. VI: future directions. *J Orofac Pain.* 2010; 24(1):79-88.
10. Andrade Ada S, Gameiro GH, Derossi M, Gavião MB. Posterior crossbite and functional changes. A systematic review. *Angle Orthod.* 2009; 79(2):380-6.
11. Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod.* 1972; 62(3):296-309.
12. Andrews LF. The straight-wire appliance. Origin, controversy, commentary. *J Clin Orthod.* 1976; 10(2):99-114.
13. Andrews LF. Straight-wire. The concept and appliance. LA Wells, San Diego, CA, USA, 1989.
14. Angle EH. Classification of Malocclusion. *Dental Cosmos.* 1899; 41:248-64; 350-57.
15. Angle EH. Treatment of malocclusion of the teeth and fractures of the maxillae. En: *Angle's System*. 6th ed. S.S. White Dental Manufacturing Co., Philadelphia, PA, USA, 1900.
16. Arima T, Svensson P, Arendt-Nielsen L. Experimental grinding in healthy subjects: a model for postexercise jaw muscle soreness? *J Orofac Pain.* 1999; 13(2):104-14.
17. Armijo-Olivo S, Magee DJ. Electromyographic activity of the masticatory and cervical muscles during resisted jaw opening movement. *J Oral Rehabil.* 2007; 34(3):184-94.
18. Ash MM, Ramfjord S. Oclusión. 4^a ed. McGraw-Hill Interamericana, México, 1996.
19. Aufdemorte TB, Van Sickels JE, Dolwick MF, Sheridan PJ, Holt GR, Aragon SB, Gates GA. Estrogen receptors in the temporomandibular joint of the baboon

- (Papio cynocephalus): an autoradiographic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1986; 61(4):307-14.
20. Baba K. Influences of balancing-side interference on jaw function. *Kokubyo Gakkai Zasshi.* 1991; 58(1):118-37.
 21. Baba K, Ai M, Mizutani H, Enosawa S. Influence of experimental occlusal discrepancy on masticatory muscle activity during clenching. *J Oral Rehabil.* 1996; 23(1):55-60.
 22. Baba K, Yugami K, Akishige S, Ai M. Immediate effect of occlusal contact pattern in lateral jaw position on the EMG activity in jaw-elevator muscles in humans. *Int J Prosthodont.* 2000a; 13(6):500-5.
 23. Baba K, Akishige S, Yaka T, Ai M. Influence of alteration of occlusal relationship on activity of jaw closing muscles and mandibular movement during submaximal clenching. *J Oral Rehabil.* 2000b; 27(9):793-801.
 24. Badel T, Marotti M, Krolo I, Kern J, Keros J. Occlusion in patients with temporomandibular joint anterior disk displacement. *Acta Clin Croat.* 2008; 47(3):129-36.
 25. Barbick M, Dolwick MF, Rose SP, Abramowicz S. Adaptability of Biomet Lorenz TMJ prosthesis to joints that were previously treated with the TMJ concepts custom joint prosthesis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008; 106(4):508.
 26. Barbosa Tde S, Miyakoda LS, Pocztaruk Rde L, Rocha CP, Gavião MB. Temporomandibular disorders and bruxism in childhood and adolescence: review of the literature. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2008; 72(3):299-314.
 27. Barrett KE, Barman SM, Boitano S, Brooks, HL. *Ganong Fisiología médica.* 24ª ed. McGraw-Hill Interamericana, DF, México, 2013.
 28. Basmajian JV. Control of individual motor units. *Am J Phys Med.* 1967; 46(1):480-6.
 29. Behr M, Hahnel S, Faltermeier A, Bürgers R, Kolbeck C, Handel G, Proff P. The two main theories on dental bruxism. *Ann Anat.* 2012; 194(2):216-9.
 30. Bell WE. *Clinical Management of Temporomandibular Disorders.* Year Book Medical Publishers, Chicago, IL, USA, 1982.
 31. Bhutada MK, Phanachet I, Whittle T, Peck CC, Murray GM. Activity of superior head of human lateral pterygoid increases with increases in contralateral and protrusive jaw displacement. *Eur J Oral Sci.* 2007; 115(4):257-64.
 32. Blanksma NG, van Eijden TM. Electromyographic heterogeneity in the human temporalis and masseter muscles during static biting, open/close excursions, and chewing. *J Dent Res.* 1995; 74(6):1318-27.
 33. Bodéré C, Téa SH, Giroux-Metges MA, Woda A. Activity of masticatory muscles in subjects with different orofacial pain conditions. *Pain.* 2005; 116(1-2):33-41.
 34. Boom HPW, van Spronsen PH, van Ginkel FC, van Schijndel RA, Castelijns JA, Tuinzing DB. A comparison of human jaw muscle cross-sectional area and volume in long- and shortface subjects, using MRI. *Arch Oral Biol.* 2008; 53(3):273-81.
 35. Botelho AL, Gentil FH, Sforza C, da Silva MA. Standardization of the electromyographic signal through the maximum isometric voluntary contraction. *Cranio.* 2011; 29(1):23-31.
 36. Burden A, Bartlett R. Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. *Med Eng Phys.* 1999; 21(4):247-57.

37. Calixtre LB, Grüniger BL, Chaves TC, Oliveira AB. Is there an association between anxiety/depression and temporomandibular disorders in college students? *J Appl Oral Sci.* 2014; 22(1):15-21.
38. Campillo MJ, Miralles R, Santander H, Valenzuela S, Fresno MJ, Fuentes A, Zúñiga C. Influence of laterotrusive occlusal scheme on bilateral masseter EMG activity during clenching and grinding. *Cranio.* 2008; 26(4):263-73.
39. Campos JA, Carrascosa AC, Bonafé FS, Maroco J. Epidemiology of severity of temporomandibular disorders in Brazilian women. *J Oral Facial Pain Headache.* 2014; 28(2):147-52.
40. Carra MC, Huynh N, Fleury B, Lavigne G. Overview on Sleep Bruxism for Sleep Medicine Clinicians. *Sleep Med Clin.* 2015; 10(3):375-84.
41. Castroflorio T, Bracco P, Farina D. Surface electromyography in the assessment of jaw elevator muscles. *J Oral Rehabil.* 2008; 35(8):638-45.
42. Castroflorio T, Falla D, Tartaglia GM, Sforza C, Deregibus A. Myoelectric manifestations of jaw elevator muscle fatigue and recovery in healthy and TMD subjects. *J Oral Rehabil.* 2012; 39(9):648-58.
43. Castroflorio T, Bargellini A, Rossini G, Cugliari G, Deregibus A, Manfredini D. Agreement between clinical and portable EMG/ECG diagnosis of sleep bruxism. *J Oral Rehabil.* 2015; 42(10):759-64.
44. Christensen LV, Rassouli NM. Experimental occlusal interferences. Part I. A review. *J Oral Rehabil.* 1995a; 22(7):515-20.
45. Christensen LV, Rassouli NM. Experimental occlusal interferences. Part II. Masseteric EMG responses to an intercuspal interference. *J Oral Rehabil.* 1995b; 22(7):521-31.
46. Christensen LV, Rassouli NM. Experimental occlusal interferences. Part IV. Mandibular rotations induced by a pliable interference. *J Oral Rehabil.* 1995c; 22(11):835-44.
47. Christensen LV, Donegan SJ, McKay DC. Mediotrusive tooth guidance and temporomandibular joint sounds in non-patients and patients. *J Oral Rehabil.* 1996; 23(10):686-98.
48. Clark GT, Adler RC. A critical evaluation of occlusal therapy: occlusal adjustment procedures. *J Am Dent Assoc.* 1985; 110(5):743-50.
49. Clark GT, Beemsterboer PL, Jacobson R. The effect of sustained submaximal clenching on maximum bite force in myofascial pain dysfunction patients. *J Oral Rehabil.* 1984; 11(4):387-91.
50. Clark GT, Tsukiyama Y, Baba K, Watanabe T. Sixty-eight years of experimental occlusal interference studies: what have we learned? *J Prosthet Dent.* 1999; 82(6):704-13.
51. Clark JR, Evans RD. Functional occlusion: I. A review. *J Orthod.* 2001; 28(1):76-81.
52. Clayton JA. Occlusion and Prosthodontics. *Dent Clin North Am.* 1995; 39(2):313-33.
53. Dao TT, LeResche L. Gender differences in pain. *J Orofac Pain.* 2000; 14(3):169-84; discussion 184-95.
54. Dawson PE. Evaluation, diagnosis and treatment of occlusal problems. 2nd ed. CV Mosby Co., St. Louis, MO, USA, 1989.
55. Dawson PE. Functional occlusion. En: *TMJ to Smile Design*. Mosby Elsevier, St. Louis, MO, USA, 2007. p. 333-42.

56. De Boever JA, Carlsson GE. Etiology and differential diagnosis. En: Temporomandibular Joint and Masticatory Muscle Disorders. Munksgaard, Copenhagen, Denmark, 1994. p. 171-87.
57. De Boever JA, Carlsson GE, Klineberg IJ. Need for occlusal therapy and prosthodontic treatment in the management of temporomandibular disorders. Part I. Occlusal interferences and occlusal adjustment. *J Oral Rehabil.* 2000; 27(5):367-79.
58. De Felício CM, Ferreira CL, Medeiros AP, Rodrigues Da Silva MA, Tartaglia GM, Sforza C. Electromyographic indices, orofacial myofunctional status and temporomandibular disorders severity: A correlation study. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012; 22(2):266-72.
59. De Laat A, van Steenberghe D, Lesaffre E. Occlusal relationships and temporomandibular joint dysfunction. Part II: Correlations between occlusal and articular parameters and symptoms of TMJ dysfunction by means of stepwise logistic regression. *J Prosthet Dent.* 1986; 55(1):116-21.
60. Deregibus A, Castroflorio T, Bargellini A, Debernardi C. Reliability of a portable device for the detection of sleep bruxism. *Clin Oral Investig.* 2014; 18(8):2037-43.
61. Detamore MS, Athanasiou KA. Structure and function of the temporomandibular joint disc: implications for tissue engineering. *J Oral Maxillofac Surg.* 2003; 61(4):494-506.
62. Detamore MS, Athanasiou KA, Mao J. A call to action for bioengineers and dental professionals: directives for the future of TMJ bioengineering. *Ann Biomed Eng.* 2007; 35(8):1301-11.
63. Donovan TE, Anderson M, Becker W, Cagna DR, Carr GB, Albouy JP, Metz J, Eichmiller F, McKee JR. Annual Review of selected dental literature: report of the Committee on Scientific Investigation of the American Academy of Restorative Dentistry. *J Prosthet Dent.* 2013; 110(3):161-210.
64. Dutton M. Dutton's Orthopaedic Examination, Evaluation and Intervention. 3rd ed. McGraw Hill, NY, USA, 2012.
65. Dworkin SF, Huggins KH, LeResche L, Von Korff M, Howard J, Truelove E, Sommers E. Epidemiology of signs and symptoms in temporomandibular disorders: clinical signs in cases and controls. *J Am Dent Assoc.* 1990; 120(3):273-81.
66. Dworkin SF, LeResche L. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique. *J Craniomandib Disord.* 1992; 6(4):301-55.
67. Egermark-Eriksson I, Carlsson GE, Magnusson T. A long-term epidemiologic study of the relationship between occlusal factors and mandibular dysfunction in children and adolescents. *J Dent Res.* 1987; 66(1):67-71.
68. Eriksson PO, Zafar H, Nordh E. Concomitant mandibular and head-neck movements during jaw opening-closing in man. *J Oral Rehabil* 1998; 25(11):859-70.
69. Eriksson PO, Häggman-Henrikson B, Nordh E, Zafar H. Co-ordinated mandibular and head-neck movements during rhythmic jaw activities in man. *J Dent Res.* 2000; 79(6):1378-84.

70. Fantoni F, Chiappe G, Landi N, Romagnoli M, Bosco M. A stepwise multiple regression model to assess the odds ratio between myofascial pain and 13 occlusal features in 238 Italian women. *Quintessence Int.* 2010; 41(3):e54-61.
71. Farella M, Palla S, Erni S, Michelotti A, Gallo LM. Masticatory muscle activity during deliberately performed oral tasks. *Physiol Meas.* 2008; 29(12):1397-410.
72. Fauchard P. *Le Chirurgien Dentiste ou Traité des Dents.* Jean Mariette, Paris, France, 1728.
73. Fernandes G, Franco AL, Siqueira JT, Gonçalves DA, Camparis CM. Sleep bruxism increases the risk for painful temporomandibular disorder, depression and non-specific physical symptoms. *J Oral Rehabil.* 2012; 39(7):538-44.
74. Ferrario VF, Sforza C, D'Addona A, Miani A Jr. Reproducibility of electromyographic measures: a statistical analysis. *J Oral Rehabil.* 1991; 18(6):513-21.
75. Ferrario VF, Sforza C, Serrao G, Colombo A, Schmitz JH. The effects of a single intercuspal interference on electromyographic characteristics of human masticatory muscles during voluntary teeth clenching. *Cranio.* 1999; 17(3):184-8.
76. Ferrario VF, Sforza C, Colombo A, Ciusa V. An electromyographic investigation of masticatory muscles symmetry in normo-occlusion subjects. *J Oral Rehabil.* 2000; 27(1):33-40.
77. Ferrario VF, Sforza C, Dellavia C, Tartaglia GM. Evidence of an influence of asymmetrical occlusal interferences on the activity of the sternocleidomastoid muscle. *J Oral Rehabil.* 2003; 30(1):34-40.
78. Ferrario VF, Sforza C, Serrao G, Dellavia C, Tartaglia GM. Single tooth bite forces in healthy young adults. *J Oral Rehabil.* 2004; 31(1):18-22.
79. Ferrario VF, Tartaglia GM, Galletta A, Grassi GP, Sforza C. The influence of occlusion on jaw and neck muscle activity: a surface EMG study in healthy young adults. *J Oral Rehabil.* 2006; 33(5):341-8.
80. Ferrario VF, Sforza C, Tartaglia GM. Commentary to Suvinen and Kemppainen (JOR 2007;34:631-44). *J Oral Rehabil.* 2009; 36(1):9-10.
81. Firmani M, Becerra N, Sotomayor C, Flores G, Salinas JC. Oclusión terapéutica. Desde las escuelas de oclusión a la Odontología Basada en Evidencia. *Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral.* 2013; 6(2):90-5.
82. Foster KD, Woda A, Peyron MA. Effect of texture of plastic and elastic model foods on the parameters of mastication. *J Neurophysiol.* 2006; 95(6):3469-79.
83. Fox SI. *Fisiología humana.* 12ª ed. McGraw-Hill Interamericana editores, DF, México, 2011.
84. Fresno MJ, Miralles R, Valdivia J, Fuentes A, Valenzuela S, Ravera MJ, Santander H. Electromyographic evaluation of anterior temporal and suprahyoid muscles using habitual methods to determine clinical rest position. *Cranio.* 2007; 25(4):257-63.
85. Frigo C, Shiavi R. Applications in movement and gait analysis. En: *Electromyography: physiology, engineering and noninvasive applications.* Wiley interscience, Hoboken, NJ, USA, 2004. p. 381-97.
86. Fuentes AD, Martínez K, Miralles R, Gutiérrez MF, Santander H, Fresno MJ, Valenzuela S. Electromyographic activity during awake tooth grinding tasks at different jaw posture in the sagittal plane. *Acta Odontol Scand.* 2013; 71(3-4):917-22.

87. Fuentes AD, Miralles R, Santander H, Gutiérrez MF, Bull R, Martin C. Effect of natural mediotrusive contact on electromyographic activity of jaw and cervical muscles during chewing. *Acta Odontol Scand*. 2015a; 73(8):626-632.
88. Fuentes AD, Martin C, Bull R, Santander H, Gutiérrez MF, Miralles R. Natural mediotrusive contact: does it affect the masticatory and neck EMG activity during tooth grinding? *Cranio*. 2015b; Dec 29:1-7. Epub ahead of print.
89. Fuentes AD, Sforza C, Miralles R, Ferreira CL, Mapelli A, Lodetti G, Martin C. Assessment of electromyographic activity in patients with temporomandibular disorders and natural mediotrusive occlusal contact during chewing and tooth grinding. *Cranio*. 2016. In press.
90. Fujita Y, Motegi E, Nomura M, Kawamura S, Yamaguchi D, Yamaguchi H. Oral habits of temporomandibular disorder patients with malocclusion. *Bull Tokyo Dent Coll*. 2003; 44(4):201-7.
91. Gadotti IC, Bérzin F, Biasotto-Gonzalez D. Preliminary rapport on head posture and muscle activity in subjects with class I and II. *J Oral Rehabil*. 2005; 32(11):794-9.
92. Gallo LM, Lavigne G, Rompré P, Palla S. Reliability of scoring EMG orofacial events: polysomnography compared with ambulatory recordings. *J Sleep Res*. 1997; 6(4):259-63.
93. Garnick J, Ramfjord SP. Rest position. An electromyographic and clinical investigation. *J Prosthet Dent*. 1962; 12(5):895-911.
94. Gibbs CH, Mahan PE, Lundeen HC, Brehnan K, Walsh EK, Holbrook WB. Occlusal forces during chewing and swallowing as measured by sound transmission. *J Prosthet Dent*. 1981; 46(4):443-9.
95. Glaros AG, Williams K, Lausten L. The role of parafunctions, emotions and stress in predicting facial pain. *J Am Dent Assoc*. 2005; 136(4):451-8.
96. Glaros AG, Marszalek JM, Williams KB. Longitudinal Multilevel Modeling of Facial Pain, Muscle Tension, and Stress. *J Dent Res*. 2016; 95(4):416-22.
97. Gomes SG, Custodio W, Faot F, Del Bel Cury AA, Garcia RC. Masticatory features, EMG activity and muscle effort of subjects with different facial patterns. *J Oral Rehabil*. 2010; 37(11):813-9.
98. Gonçalves DA, Bigal ME, Jales LC, Camparis CM, Speciali JG. Headache and symptoms of temporomandibular disorder: an epidemiological study. *Headache*. 2010; 50(2):231-41.
99. Greene CS, Mohl ND, McNeill C, Clark GT, Truelove EL. Temporomandibular disorders and science: a response to the critics. *J Prosthet Dent*. 1998; 80(2):214-5.
100. Greene CS. The etiology of temporomandibular disorders: implications for treatment. *J Orofac Pain*. 2001; 15(2):93-105.
101. Griffiths RH. Report of the President's Conference on examination, diagnosis and management of temporomandibular disorders. *J Am Dent Assoc*. 1983; 106(1):75-7.
102. Gutiérrez MF, Miralles R, Fuentes A, Cavada G, Valenzuela S, Santander H, Fresno MJ. The effect of tooth clenching and grinding on anterior temporalis electromyographic activity in healthy subjects. *Cranio*. 2010; 28(1):43-9.

103. Häggman-Henrikson B, Nordh E, Eriksson PO. Increased sternocleidomastoid, but not trapezius, muscle activity in response to increased chewing load. *Eur J Oral Sci.* 2013; 121(5):443-9.
104. Hall JE. Guyton y Hall Tratado de fisiología médica. 12ª ed. Elsevier España, Barcelona, España, 2011.
105. Hansdottir R, Bakke M. Joint tenderness, jaw opening, chewing velocity, and bite force in patients with temporomandibular joint pain and matched healthy control subjects. *J Orofac Pain.* 2004; 18(2):108-13.
106. Harper RP, de Bruin H, Burcea I. Muscle activity during mandibular movements in normal and mandibular retrognathic subjects. *J Oral Maxillofac Surg.* 1997; 55(3):225-33.
107. Hatch JP, Shinkai RS, Sakai S, Rugh JD, Paunovich ED. Determinants of masticatory performance in dentate adults. *Arch Oral Biol.* 2001; 46(7):641-8.
108. Headache HC, Sot I. The International Classification of Headache Disorders. 2nd ed. *Cephalalgia*, 2004, 24 Suppl 1. p. 9-160.
109. Hellmann D, Giannakopoulos NN, Schmitter M, Lenz J, Schindler HJ. Anterior and posterior neck muscle activation during a variety of biting tasks. *Eur J Oral Sci.* 2012; 120(4):326-34.
110. Hellsing G. On the regulation of interincisor bite force in man. *J Oral Rehabil.* 1980; 7(5):403-11.
111. Henrikson T, Ekberg EC, Nilner M. Symptoms and signs of temporomandibular disorders in girls with normal occlusion and Class II malocclusion. *Acta Odontol Scand.* 1997; 55(4):229-35.
112. Hoebler C, Karinthe A, Devaux MF, Guillon F, Gallant DJG, Bouchet B, Melegari M, Barry JL. Physical and chemical transformations of cereal food during oral digestion in human subjects. *Brit J Nutr.* 1998; 80(5):429-36.
113. Hudson JM. Occlusal guidelines needed. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 139(4):425; author reply 425-6.
114. Hugger S, Schindler HJ, Kordass B, Hugger A. Clinical relevance of surface EMG of the masticatory muscles. (Part 1): Resting activity, maximal and submaximal voluntary contraction, symmetry of EMG activity. *Int J Comput Dent.* 2012; 15(4):297-314.
115. Humsi ANK, Naeije M, Hippe JA, Hansson TL. The immediate effects of a stabilization splint on the muscular symmetry in the masseter and anterior temporal muscles of patients with a craniomandibular disorder. *J Prosthet Dent.* 1989; 62(3):339-43.
116. Ingawale S, Goswami T. Temporomandibular joint: disorders, treatments, and biomechanics. *Ann Biomed Eng.* 2009; 37(5):976-96.
117. Ingervall B. Tooth contacts on the functional and nonfunctional side in children and young adults. *Arch Oral Biol.* 1972; 17(1):191-200.
118. Ingervall B, Carlsson GE. Masticatory muscle activity before and after elimination of balancing side occlusal interference. *J Oral Rehabil.* 1982; 9(3):183-92.
119. International Association of the Study of Pain (IASP). Part III: Pain Terms: A Current List with Definitions and Notes on Usage. En: *Classification of Chronic Pain*. 2nd ed. IASP Press, Seattle, WA, USA, 1994, updated 2011.
120. Ireland R. A Dictionary of Dentistry. 1st ed. Oxford University Press Inc., NY, USA, 2010.

121. Jablonski S. Dictionary of Dentistry. Krieger Publishing Co., FL, USA, 1992.
122. Jeffery MM, Butler M, Stark A, Kane RL. Multidisciplinary Pain Programs for Chronic Noncancer Pain. Technical Brief No. 8. Minnesota Evidence based Practice Center Minneapolis, MN, USA, 2011.
123. Jiang H, Liu H, Liu G, Jin Z, Liu X. The effects of chewing-side preference on human brain activity during tooth clenching: an fMRI study. *J Oral Rehabil.* 2010; 37(12): 877-83.
124. Jiang H, Liu H, Liu G, Jin Z, Wang L, Ma J, Li H. Analysis of brain activity involved in chewing-side preference during chewing: an fMRI study. *J Oral Rehabil.* 2015; 42(1):27-33.
125. Joel D, Weiner I. The organization of the basal ganglia-thalamocortical circuits: open interconnected rather than closed segregated. *Neuroscience.* 1994; 63(2):363-79.
126. Johansson A, Unell L, Carlsson GE, Söderfeldt B, Halling A Gender difference in symptoms related to temporomandibular disorders in a population of 50-year-old subjects. *J Orofac Pain.* 2003; 17(1):29-35.
127. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Siegelbaum SA, Hudspeth AJ. Principles of neural science. 5th ed. McGraw-Hill Companies Inc., New York, NY, USA, 2013.
128. Kang H, Bao GJ, Qi SN. Biomechanical responses of human temporomandibular joint disc under tension and compression. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2006; 35(9):817-21.
129. Kato T, Thie NM, Huynh N, Miyawaki S, Lavigne GJ. Topical review: sleep bruxism and the role of peripheral sensory influences. *J Orofac Pain.* 2003; 17(3):191-213.
130. Katsarava Z, Kukava M, Mirvelashvili E, Tavadze A, Dzagnidze A, Djibuti M, Steiner TJ. A pilot methodological validation study for a population-based survey of the prevalences of migraine, tension-type headache and chronic daily headache in the country of Georgia. *J Headache Pain.* 2007; 8(2):77-82.
131. Khawaja SN, Nickel JC, Iwasaki LR, Crow HC, Gonzalez Y. Association between waking-state oral parafunctional behaviours and bio-psychosocial characteristics. *J Oral Rehabil.* 2015; 42(9):651-6.
132. Kibana Y, Ishijima T, Hirai T. Occlusal support and head posture. *J Oral Rehabil.* 2002; 29(1):58-63.
133. Kim Y, Oh TJ, Misch CE, Wang HL. Occlusal considerations in implant therapy: clinical guidelines with biomechanical rationale. *Clin Oral Implants Res.* 2005; 16(1):26-35.
134. Kimura J. Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: principles and practice. 2nd ed. Davis Company, Philadelphia, PA, USA, 1989.
135. Kingsley NW. Treatise on oral deformities as a branch of mechanical surgery. Appleton, NY, USA, 1880.
136. Kirveskari P, Jamsa T, Alanen P. Occlusal adjustment and the incidence of demand for temporomandibular disorder treatment. *J Prosthet Dent.* 1998; 79(4):433-8.
137. Klasser GD, Okeson JP. The clinical usefulness of surface electromyography in the diagnosis and treatment of temporomandibular disorders. *J Am Dent Assoc.* 2006; 137(6):763-71.
138. Klasser GD, Rei N, Lavigne GJ. Sleep bruxism etiology: the evolution of a changing paradigm. *J Can Dent Assoc.* 2015; 81:f2.

139. Klitgaard H, Zhou M, Schiaffino S, Betto R, Salviati G, Saltin B. Ageing alters the myosin heavy chain composition of single fibres from human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand*. 1990; 140(1):55-62.
140. Koeppen BM, Stanton BA. *Berne y Levy Fisiología*. 6ª ed. Mosby, Inc. Elsevier, Barcelona, España, 2009.
141. Kohno S, Yoshida K, Kobayashi H. Pain in the sternocleidomastoid muscle and occlusal interferences. *J Oral Rehabil*. 1988; 15(4):385-92.
142. Korfage JA, Brugman P, Van Eijden TM. Intermuscular and intramuscular differences in myosin heavy chain composition of the human masticatory muscles. *J Neurol Sci*. 2000; 178(2):95-106.
143. Korfage JA, Schueler YT, Brugman P, Van Eijden TM. Differences in myosin heavy-chain composition between human jaw-closing muscles and supra- and infrahyoid muscles. *Arch Oral Biol*. 2001; 46(9):821-7.
144. Korfage JA, Koolstra JH, Langenbach GE, van Eijden TM. Fiber-type composition of the human jaw muscles--(part 2) role of hybrid fibers and factors responsible for inter-individual variation. *J Dent Res*. 2005; 84(9):784-93.
145. Kossioni AE, Karkazis HC. Reproducibility of the human masseteric jaw-jerk reflex in association with the menstrual cycle. *Arch Oral Biol*. 1993; 38(12):1099-105.
146. Koyano K, Tsukiyama Y, Ichiki R, Kuwata T. Assessment of bruxism in the clinic. *J Oral Rehabil*. 2008; 35(7):495-508.
147. Kwa SH, Weijs WA, Jüch PJ. Contraction characteristics and myosin heavy chain composition of rabbit masseter motor units. *J Neurophysiol*. 1995; 73(2):538-49.
148. Laimi K, Vahlberg T, Salminen J, Metsähonkala L, Mikkelsen M, Anttila P, Aromaa M, Sillanpää M. Does neck pain determine the outcome of adolescent headache? *Cephalalgia*. 2007; 27(3):244-53.
149. Landi N, Manfredini D, Tognini F, Romagnoli M, Bosco M. Quantification of the relative risk of multiple occlusal variables for muscle disorders of the stomatognathic system. *J Prosthet Dent* 2004; 92(2):190-195.
150. Laskin DM. Etiology of the pain-dysfunction syndrome. *J Am Dent Assoc*. 1969; 79(1):147-53.
151. Lauriti L, Motta LJ, Silva PF, Leal de Godoy CH, Alfaya TA, Fernandes KP, Mesquita-Ferrari RA, Bussadori SK. Are occlusal characteristics, headache, parafunctional habits and clicking sounds associated with the signs and symptoms of temporomandibular disorder in adolescents? *J Phys Ther Sci*. 2013; 25(10):1331-4.
152. Lavigne GJ, Huynh N, Kato T, Okura K, Adachi K, Yao D, Sessle B. Genesis of sleep bruxism: motor and autonomic-cardiac interactions. *Arch Oral Biol*. 2007; 52(4):381-4.
153. Lavigne GJ, Khoury S, Abe S, Yamaguchi T, Raphael K. Bruxism physiology and pathology: an overview for clinicians. *J Oral Rehabil*. 2008; 35(7):476-94.
154. Lemman JAR, Ritchie AE. *Clinical electromyography*. J.B. Lippincott Co., Philadelphia, PA, USA, 1979.
155. LeResche L. Epidemiology of temporomandibular disorders: implications for the investigation of etiologic factors. *Crit Rev Oral Biol Med*. 1997;8(3):291-305.
156. Lerman MD. The muscle engram: The reflex that limits conventional occlusal treatment. *Cranio* 2011; 29(4):297-303.

157. Li J, Jiang T, Feng H, Wang K, Zhang Z, Ishikawa T. The electromyographic activity of masseter and anterior temporalis during orofacial symptoms induced by experimental occlusal highspot. *J Oral Rehabil*. 2008; 35(2):79-87.
158. Liu F, Steinkeler A. Epidemiology, diagnosis, and treatment of temporomandibular disorders. *Dent Clin North Am*. 2013; 57(3):465-79.
159. Lobbezoo F, Naeije M. Bruxism is mainly regulated centrally, not peripherally. *J Oral Rehabil*. 2001; 28(12):1085-91.
160. Lobbezoo F, Visscher CM, Naeije M. Some remarks on the RDC/TMD Validation Project: report of an IADR/Toronto-2008 workshop discussion. *J Oral Rehabil*. 2010; 37(10):779-83.
161. Lobbezoo F, Ahlberg J, Manfredini D, Winocur E. Are bruxism and the bite causally related? *J Oral Rehabil*. 2012; 39(7):489-501.
162. Lobbezoo F, Ahlberg J, Glaros AG, Kato T, Koyano K, Lavigne GJ, de Leeuw R, Manfredini D, Svensson P, Winocur E. Bruxism defined and graded: an international consensus. *J Oral Rehabil*. 2013; 40(1):2-4.
163. Lund JP. Evidence for a central neural pattern generator regulating the chewing cycle. En: *Mastication*. J. Wright and Sons, Bristol, UK, 1976. p. 204-12.
164. Lund JP. Mastication and its control by the brain stem. *Crit Rev Oral Biol Med*. 1991; 2(1):33-64.
165. Lund JP, Kolta A. Generation of the central masticatory pattern and its modification by sensory feedback. *Dysphagia*. 2006; 21(3):167-74.
166. Luther F. TMD and occlusion part I. Damned if we do? Occlusion: the interface of dentistry and orthodontics. *Br Dent J*. 2007; 202(1):E2; dis. 38-9.
167. Macedo CR, Silva AB, Machado MA, Saconato H, Prado GF. Occlusal splints for treating sleep bruxism (tooth grinding). *Cochrane Database Syst Rev*. 2007; (4):CD005514.
168. Mackie A, Lyons K. The role of occlusion in temporomandibular disorders--a review of the literature. *N Z Dent J*. 2008; 104(2):54-9.
169. Magnusson T, Egermark I, Carlsson GE. A longitudinal epidemiologic study of signs and symptoms of temporomandibular disorders from 15 to 35 years of age. *J Orofac Pain*. 2000; 14(4):310-9.
170. Maluly M, Andersen ML, Dal-Fabbro C, Garbuio S, Bittencourt L, de Siqueira JT, Tufik S. Polysomnographic study of the prevalence of sleep bruxism in a population sample. *J Dent Res*. 2013; 92(7 Suppl):97S-103S.
171. Manfredini D, Landi N, Romagnoli M, Bosco M. Psychic and occlusal factors in bruxers. *Aust Dent J*. 2004; 49(2):84-9.
172. Manfredini D, Peretta R, Guarda-Nardini L, Ferronato G. Predictive value of combined clinically diagnosed bruxism and occlusal features for TMJ pain. *Cranio*. 2010; 28(2):105-113.
173. Manfredini D, Lobbezoo F. Relationship between bruxism and temporomandibular disorders: a systematic review of literature from 1998 to 2008. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010; 109(6):e26-50.
174. Manfredini D, Guarda-Nardini L, Winocur E, Piccotti F, Ahlberg J, Lobbezoo F. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: a systematic review of axis I epidemiologic findings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011; 112(4):453-62.

175. Manfredini D, Visscher CM, Guarda-Nardini L, Lobbezoo F. Occlusal factors are not related to self-reported bruxism. *J Orofac Pain*. 2012; 26(3):163-7.
176. Manfredini D, Winocur E, Guarda-Nardini L, Paesani D, Lobbezoo F. Epidemiology of bruxism in adults: a systematic review of the literature. *J Orofac Pain*. 2013; 27(2):99-110.
177. Manfredini D, Ahlberg J, Castroflorio T, Poggio CE, Guarda-Nardini L, Lobbezoo F. Diagnostic accuracy of portable instrumental devices to measure sleep bruxism: a systematic literature review of polysomnographic studies. *J Oral Rehabil*. 2014a; 41(11):836-42.
178. Manfredini D, Perinetti G, Guarda-Nardini L. Dental malocclusion is not related to temporomandibular joint clicking: a logistic regression analysis in a patient population. *Angle Orthod* 2014b; 84(2):310-5.
179. Manfredini D, Stellini E, Marchese-Ragona R, Guarda-Nardini L. Are occlusal features associated with different temporomandibular disorder diagnoses in bruxers? *Cranio*. 2014c; 32(4):283-8.
180. Manfredini D, Perinetti G, Stellini E, Di Leonardo B, Guarda-Nardini L. Prevalence of static and dynamic dental malocclusion features in subgroups of temporomandibular disorder patients: Implications for the epidemiology of the TMD-occlusion association. *Quintessence Int*. 2015; 46(4):341-9.
181. Manns A, Miralles R, Guerrero F. The changes in electrical activity of the postural muscles of the mandible upon varying the vertical dimension. *J Prosthet Dent*. 1981; 45(4):438-45.
182. Manns A, Miralles R, Valdivia J, Bull R. Influence of variation in anteroposterior occlusal contacts on electromyographic activity. *J Prosthet Dent*. 1989; 61(5):617-23.
183. Marklund S, Wänman A. A century of controversy regarding the benefit or detriment of occlusal contacts on the mediotrusive side. *J Oral Rehabil*. 2000; 27(7):553-62.
184. Mazzetto MO, Rodrigues CA, Magri LV, Melchior MO, Paiva G. Severity of TMD related to age, sex and electromyographic analysis. *Braz Dent J*. 2014; 25(1):54-8.
185. McGinnis PM. Work, Power, and Energy. Explaining the Causes of Motion Without Newton En: Biomechanics of Sport and Exercise. 3rd ed. Human kinetics publishers, Leeds, United Kingdom. 2013. p. 119.
186. McLaughlin RP. Malocclusion and the temporomandibular joint--an historical perspective. *Angle Orthod*. 1988; 58(2):185-91.
187. McNamara JA Jr, Seligman DA, Okeson JP. Occlusion, Orthodontic treatment, and temporomandibular disorders: a review. *J Orofac Pain*. 1995; 9(1):73-90.
188. McNeill C. Management of temporomandibular disorders: concepts and controversies. *J Prosthet Dent*. 1997; 77(5):510-22.
189. Merletti R, Parker P. Electromyography. Physiology, Engineering, and Noninvasive Applications. Wiley-Interscience, IEEE, NJ, USA, 2004.
190. Michelotti A, Farella M, Vollaro S, Martina R. Mandibular rest position and electrical activity of the masticatory muscles. *J Prosthet Dent*. 1997; 78(1):48-53.
191. Michelotti A, Farella M, Gallo LM, Veltri A, Palla S, Martina R. Effect of occlusal interference on habitual activity of human masseter. *J Dent Res*. 2005; 84(7):644-8.

192. Michelotti A, Alstergren P, Goulet JP, Lobbezoo F, Ohrbach R, Peck C, Schiffman E, List T. Next steps in development of the diagnostic criteria for temporomandibular disorders (DC/TMD): Recommendations from the International RDC/TMD Consortium Network workshop. *J Oral Rehabil.* 2016 Jan 4. doi: 10.1111/joor.12378. Epub ahead of print.
193. Milam SB, Aufdemorte TB, Sheridan PJ, Triplett RG, Van Sickels JE, Holt GR. Sexual dimorphism in the distribution of estrogen receptors in the temporomandibular joint complex of the baboon. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1987; 64(5):527-32.
194. Miller AJ. Craniomandibular muscles: Their role in function and form. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, USA, 1991.
195. Minagi S, Watanabe H, Sato T, Tsuru H. Relationship between balancing-side occlusal contact patterns and temporomandibular joint sounds in humans: proposition of the concept of balancing-side protection. *J Craniomandib Disord.* 1990; 4(4):251-6.
196. Minghelli B, Cardoso I, Porfírio M, Gonçalves R, Cascalheiro S, Barreto V, Soeiro A, Almeida L. Prevalence of temporomandibular disorder in children and adolescents from public schools in southern Portugal. *N Am J Med Sci.* 2014; 6(3):126-32.
197. Mioche L, Bourdiol P, Monier S. Chewing behaviour and bolus formation during mastication of meat with different textures. *Arch Oral Biol.* 2003; 48(3):193-200.
198. Mizutani H, Shinogaya T, Soneda K, Iso K, Ai M. Influence of tooth contacts on masseter and temporal muscle activity. 1. Total activity and its ratio to maximum biting activity in intercuspal position (IP ratio). *Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi.* 1989; 33(5):1062-71.
199. Mohl ND. Introduction to occlusion. En: A textbook of occlusion. Quintessence Publishing Co. Inc., Chicago, IL, USA, 1988. p. 15-24.
200. Mohlin B, Kopp S. A clinical study on the relationship between malocclusion, occlusal interferences, and mandibular pain and dysfunction. *Swed Dent J.* 1978; 2(4):105-12.
201. Molin C, Carlsson GE, Friling B, Hedegard B. Frequency of symptoms of mandibular dysfunction in young Swedish men. *J Oral Rehabil.* 1976; 3(1):9-18.
202. Molin C. From bite to mind: TMD--a personal and literature review. *Int J Prosthodont.* 1999; 12(3):279-88.
203. Moller E. Clinical electromyography in dentistry. *Int Dent J.* 1969; 19(2):250-66.
204. Moore JD, Kleinfeld D, Wang F. How the brainstem controls orofacial behaviors comprised of rhythmic actions. *Trends Neurosci.* 2014; 37(7):370-80.
205. Moreno I, Sánchez T, Ardizzone I, Aneiros F, Celemin A. Electromyographic comparisons between clenching, swallowing and chewing in jaw muscles with varying occlusal parameters. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2008; 13(3):E207-13.
206. Morimoto T, Inoue T, Masuda Y, Nagashima T. Sensory components facilitating jaw-closing muscle activities in the rabbit. *Exp Brain Res.* 1989; 76(2):424-40.
207. Morita T, Fujiwara T, Negoro T, Kurata C, Maruo H, Kurita K, Goto S, Hiraba K. Movement of the mandibular condyle and activity of the masseter and lateral pterygoid muscles during masticatory-like jaw movements induced by electrical

- stimulation of the cortical masticatory area of rabbits. *Arch Oral Biol.* 2008; 53(5):462-77.
208. Morquette P, Lavoie R, Fhima MD, Lamoureux X, Verdier D, Kolta A. Generation of the masticatory central pattern and its modulation by sensory feedback. *Prog Neurobiol.* 2012; 96(3):340-55.
 209. Naeije M, Hansson TL. Electromyographic screening of myogenous and arthrogenous TMJ dysfunction patients. *J Oral Rehabil.* 1986; 13(5):433-41.
 210. Nakamura Y, Katakura N. Generation of masticatory rhythm in the brainstem. *Neurosci Res.* 1995; 23(1):1-19.
 211. Nakamura Y, Katakura N, Nakajima M, Liu J. Rhythm generation for food-ingestive movements. *Prog Brain Res.* 2004; 143:97-103.
 212. Nassif NJ, Al-Salleh F, Al-Admawi M. The prevalence and treatment needs of symptoms and signs of temporomandibular disorders among young adult males. *J Oral Rehabil.* 2003; 30(9):944-50.
 213. Nishigawa K, Nakano M, Bando E. Study of jaw movement and masticatory muscle activity during unilateral chewing with and without balancing side molar contacts. *J Oral Rehabil.* 1997; 24(9):691-6.
 214. Ogawa T, Koyano K, Tsukiyama M, Tsukiyama Y, Sumiyoshi K, Suetsugu T. Difference in the mechanism of balancing-side disclusion between 1st and 2nd molars. *J Oral Rehabil.* 1998; 25(6):430-5.
 215. Okano N, Baba K, Akishige S, Ohyama T. The influence of altered occlusal guidance on condylar displacement. *J Oral Rehabil.* 2002; 29(11):1091-8.
 216. Okano N, Baba K, Igarashi Y. Influence of altered occlusal guidance on masticatory muscle activity during clenching. *J Oral Rehabil.* 2007; 34(9):679-84.
 217. Okeson JP. Temporomandibular disorders. Guidelines for classification, assessment, and management. 2nd ed. Quintessence, Chicago, IL, USA, 1996.
 218. Okeson JP. Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion. 7th ed. Mosby, Elsevier, St. Louis, MO, USA, 2013.
 219. O'Sullivan SB. Examination of motor function: Motor control and motor learning. En: Physical rehabilitation. 5th ed. FA Davis Company, Philadelphia, PA, USA, 2007. p. 233-34.
 220. Peck CC, Goulet JP, Lobbezoo F, Schiffman EL, Alstergren P, Anderson GC, de Leeuw R, Jensen R, Michelotti A, Ohrbach R, Petersson A, List T. Expanding the taxonomy of the diagnostic criteria for temporomandibular disorders. *J Oral Rehabil.* 2014; 41(1):2-23.
 221. Pereira LJ, Duarte Gaviao MB, Van Der Bilt A. Influence of oral characteristics and food products on masticatory function. *Acta Odontol Scand.* 2006; 64(4):193-201.
 222. Pette D, Sketelj J, Skorjanc D, Leisner E, Traub I, Bajrović F. Partial fast-to-slow conversion of regenerating rat fast-twitch muscle by chronic low-frequency stimulation. *J Muscle Res Cell Motil.* 2002; 23(3):215-21.
 223. Peyron MA, Lassauzay C, Woda A. Effects of increased hardness on jaw movement and muscle activity during chewing of visco-elastic model foods. *Exp Brain Res.* 2002; 142(1):41-51.
 224. Pond LH, Barghi N, Barnwell GM. Occlusion and chewing side preference. *J Prosthet Dent.* 1986; 55(4):498-500.

225. Proeschel PA, Morneburg T. Task-dependence of activity/ bite-force relations and its impact on estimation of chewing force from EMG. *J Dent Res.* 2002; 81(7):464-8.
226. Proffit W, Fields H, Sarver D, Ackerman J. *Ortodoncia contemporánea*. 5ª ed. Elsevier España S.L., Barcelona, España, 2014.
227. Proeschel PA, Jamal T, Morneburg TR. Motor control of jaw muscles in chewing and in isometric biting with graded narrowing of jaw gape. *J Oral Rehabil* 2008; 35(10):722-8.
228. Pullinger AG, Seligman DA, Gornbein JA. A multiple logistic regression analysis of the risk and relative odds of temporomandibular disorders as a function of common occlusal features. *J Dent Res.* 1993; 72(6):968-79.
229. Raadsheer MC, van Eijden TM, van Ginkel FC, Prahl-Andersen B. Contribution of jaw muscle size and craniofacial morphology to human bite force magnitude. *J Dent Res.* 1999; 78(1):31-42.
230. Ramfjord SP. Bruxism, a clinical and electromyographic study. *J Am Dent Assoc.* 1961; 62:21-44.
231. Ramírez H. ¿Y antes de Fauchard qué? La odontología en las cavernas, los templos, los hospitales y las universidades. *Rev Clin Periodoncia Implantol Rehabil Oral.* 2012; 5(1):29-39.
232. Reiter S, Goldsmith C, Emodi-Perlman A, Friedman-Rubin P, Winocur E. Masticatory muscle disorders diagnostic criteria: the American Academy of Orofacial Pain versus the research diagnostic criteria/temporomandibular disorders (RDC/TMD). *J Oral Rehabil.* 2012; 39(12):941-7.
233. Richards D, Lawrence A. Evidence based dentistry. *Br Dent J.* 1995; 179(7):270-3.
234. Ricketts RM. Occlusion--the medium of dentistry. *J Prosthet Dent.* 1969; 21(1):39-60.
235. Rinchuse DJ, Sassouni V. An evaluation of functional occlusal interferences in orthodontically treated and untreated subjects. *Angle Orthod.* 1983; 53(2):122-30.
236. Rocabado M. Arthrokinematics of the temporomandibular joint. *Dent Clin North Am.* 1983; 27(3):573-94.
237. Rocabado M, Iglarsh ZA. *Músculoskeletal Approach of Maxillofacial Pain*. Lippincott, Philadelphia, PA, USA, 1991.
238. Rodríguez K, Miralles R, Gutierrez MF, Santander H, Fuentes A, Fresno MJ, Valenzuela S. Influence of tooth clenching and grinding on bilateral sternocleidomastoid EMG activity. *Cranio.* 2011; 29(1):14-22.
239. Roth RH. Five year clinical evaluation of the Andrews Straight-Wire appliance. *J Clin Orthod.* 1976; 10(11):836-50.
240. Rugh JD, Drago CJ. Vertical dimension: a study of clinical rest position and jaw muscle activity. *J Prosthet Dent.* 1981; 45(6):670-5.
241. Sahin S, Sumnu SG. *Physical properties of foods*. Springer-Verlag New York Inc., NY, USA, 2006.
242. Santos Silva R S, Conti PC, Lauris JR, da Silva RO, Pegoraro LF. Pressure pain threshold in the detection of masticatory myofascial pain: an algometer-based study. *J Orofac Pain.* 2005; 19(4):318-24.

243. Schievano D, Rontani RM, Bérzin F. Influence of myofunctional therapy on the perioral muscles. Clinical and electromyographic evaluations. *J Oral Rehabil.* 1999; 26(7):564-9.
244. Schiffman E, Ohrbach R, Truelove E, Look J, Anderson G, Goulet JP, List T, Svensson P, Gonzalez Y, Lobbezoo F, Michelotti A, Brooks SL, Ceusters W, Drangsholt M, Ettlin D, Gaul C, Goldberg LJ, Haythornthwaite JA, Hollender L, Jensen R, John MT, De Laat A, de Leeuw R, Maixner W, van der Meulen M, Murray GM, Nixdorf DR, Palla S, Petersson A, Pionchon P, Smith B, Visscher CM, Zakrzewska J, Dworkin SF; International RDC/TMD Consortium Network, International association for Dental Research; Orofacial Pain Special Interest Group, International Association for the Study of Pain. Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders (DC/TMD) for Clinical and Research Applications: recommendations of the International RDC/TMD Consortium Network and Orofacial Pain Special Interest Group. *J Oral Facial Pain Headache.* 2014; 28(1):6-27.
245. Schiffman EL, Fricton JR, Haley DP, Shapiro BL. The prevalence and treatment needs of subjects with temporomandibular disorders. *J Am Dent Assoc.* 1990; 120(3):295-303.
246. Schuyler CH. Factors of occlusion applicable to restorative dentistry. *J Prosthet Dent.* 1953; 3(6):772-82.
247. Sena MF, Mesquita KS, Santos FR, Silva FW, Serrano KV. Prevalence of temporomandibular dysfunction in children and adolescents. *Rev Paul Pediatr.* 2013; 31(4):538-45.
248. Shefner JM, Buchthal F, Krarup C. Slowly conducting myelinated fibers in peripheral neuropathy. *Muscle Nerve.* 1991; 14(6):534-42.
249. Shepherd GM. Smell images and the flavour system in the human brain. *Nature.* 2006; 444(7117):316-21.
250. Shi CS. Proportionality of mean voltage of masseter muscle to maximum bite force applied for diagnosing temporomandibular joint disturbance syndrome. *J Prosthet Dent.* 1989; 62(6):682-4.
251. Shimazaki K, Matsubara N, Hisano M, Soma K. Functional relationships between the masseter and sternocleidomastoid muscle activities during gum chewing: The effect of experimental muscle fatigue. *Angle Orthod.* 2006; 76(3):452-8.
252. Shinagawa H, Ono T, Ishiwata Y, Honda E, Sasaki T, Taira M, Iriki A, Kuroda T. Hemispheric dominance of tongue control depends on the chewing-side preference. *J Dent Res.* 2003; 82(4):278-83.
253. Sipilä K, Suominen AL, Alanen P, Heliövaara M, Tiittanen P, Könönen M. Association of clinical findings of temporomandibular disorders (TMD) with self-reported musculoskeletal pains. *Eur J Pain.* 2011; 15(10):1061-7.
254. Soboļeva U, Lauriņa L, Slaidiņa A. The masticatory system--an overview. *Stomatologija.* 2005; 7(3):77-80.
255. Solberg WK, Woo MW, Houston JB. Prevalence of mandibular dysfunction in young adults. *J Am Dent Assoc.* 1979; 98(1):25-34.
256. Solberg WK. Temporomandibular disorders: management of problems associated with inflammation, chronic hypomobility, and deformity. *Br Dent J.* 1986; 160(12):421-8.

257. Sondang P, Kumagai H, Tanaka E, Ozaki H, Nikawa H, Tanne K, Hamada T. Correlation between maximum bite force and craniofacial morphology of young adults in Indonesia. *J Oral Rehabil*. 2003; 30(11):1109-17.
258. Soria-Hernández M. Pasado y presente de la caries dental. *Acta Pediatr Mex*. 2010; 31(5):195-6.
259. Steenks MH, de Wijer A. Validity of the Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders Axis I in clinical and research settings. *J Orofac Pain*. 2009; 23(1):9-16; discussion 17-27.
260. Suvinen TI, Kempainen P. Review of clinical EMG studies related to muscle and occlusal factors in healthy and TMD subjects. *J Oral Rehabil*. 2007; 34(9):631-44.
261. Svensson P, Graven-Nielsen T. Craniofacial muscle pain: review of mechanisms and clinical manifestations. *J Orofac Pain*. 2001; 15(2):117-45.
262. Tan EK, Chan LL, Chang HM. Severe bruxism following basal ganglia infarcts: insights into pathophysiology. *J Neurol Sci*. 2004; 217(2):229-32.
263. Tanaka E, Rodrigo DP, Miyawaki Y, Lee K, Yamaguchi K, Tanne K. Stress distribution in the temporomandibular joint affected by anterior disc displacement: a three-dimensional analytic approach with the finite-element method. *J Oral Rehabil*. 2000; 27(9):754-9.
264. Tanaka E, Detamore MS, Tanimoto K, Kawai N. Lubrication of the temporomandibular joint. *Ann Biomed Eng*. 2008; 36(1):14-29.
265. Tartaglia GM, Moreira Rodrigues da Silva MA, Bottini S, Sforza C, Ferrario VF. Masticatory muscle activity during maximum voluntary clench in different research diagnostic criteria for temporomandibular disorders (RDC/TMD) groups. *Man Ther*. 2008; 13(5):434-40.
266. The academy of prosthodontics. The glossary of prosthodontic terms. *J Prosthet Dent*. 2005; 94(1):10-92.
267. Tipton RT, Rinchuse DJ. The relationship between static occlusion and functional occlusion in a dental school population. *Angle Orthod*. 1991; 61(1):57-66.
268. Trovato F, Orlando B, Bosco M. Occlusal features and masticatory muscles activity. A review of electromyographic studies. *Stomatologija*. 2009; 11(1):26-31.
269. Türker KS. Reflex control of human jaw muscles. *Crit Rev Oral Biol Med*. 2002; 13(1):85-104.
270. Türp JC, Schindler HJ. Relationship between occlusion and myoarthropathy. Introduction of an integrating neurobiological model. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 2003; 113(9):964-77.
271. Türp JC, Schindler H. The dental occlusion as a suspected cause for TMDs: epidemiological and etiological considerations. *J Oral Rehabil*. 2012; 39(7):502-12.
272. van Boxtel A. Optimal signal bandwidth for the recording of surface EMG activity of facial, jaw, oral, and neck muscles. *Psychophysiology*. 2001; 38(1):22-34.
273. van der Bilt A. Assessment of mastication with implications for oral rehabilitation: a review. *J Oral Rehabil*. 2011; 38(10):754-80.
274. Van Eijden TM, Blanksma NG, Brugman P. Amplitude and timing of EMG activity in the human masseter muscle during selected motor tasks. *J Dent Res*. 1993; 72(3):599-606.

275. van Eijden TM, Turkawski SJ. Morphology and physiology of masticatory muscle motor units. *Crit Rev Oral Biol Med*. 2001; 12(1):76-91.
276. van Loon JP, de Bont LG, Stegenga B, Spijkervet FK, Verkerke GJ. Groningen temporomandibular joint prosthesis. Development and first clinical application. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2002; 31(1):44-52.
277. Vianna-Lara MS, Caria PHF, Tosello DO, Lara F, Amorim MM. Electromyographic activity of masseter and temporal muscles with different facial types. *Angle Orthod*. 2009; 79(3):515-20.
278. Walczyńska-Dragon K, Baron S. The biomechanical and functional relationship between temporomandibular dysfunction and cervical spine pain. *Acta Bioeng Biomech*. 2011; 13(4):93-8.
279. Warren MP, Fried JL. Temporomandibular disorders and hormones in women. *Cells Tissues Organs*. 2001; 169(3):187-92.
280. Watanabe K. The relationship between dentofacial morphology and the isometric jaw-opening and closing muscle function as evaluated by electromyography. *J Oral Rehabil*. 2000; 27(7):639-45.
281. Watanabe T, Ichikawa K, Clark GT. Bruxism levels and daily behaviors: 3 weeks of measurement and correlation. *J Orofac Pain*. 2003; 17(1):65-73.
282. Wexler AS, Ding J, Binder-Macleod SA. A mathematical model that predicts skeletal muscle force. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1997; 44(5):337-48.
283. Wieckiewicz M, Boening K, Wiland P, Shiau YY, Paradowska-Stolarz A. Reported concepts for the treatment modalities and pain management of temporomandibular disorders. *J Headache Pain*. 2015; 16:106.
284. Wilkes C. Internal derangement of the temporomandibular joint. En: *Advances in diagnostic and surgical arthroscopy of the temporomandibular joint*. 1st ed. Saunders, Philadelphia, PA, USA, 1993.
285. Woda A, Mishellany A, Peyron MA. The regulation of masticatory function and food bolus formation. *J Oral Rehabil*. 2006; 33(11):840-9.
286. Wolford LM, Pitta MC, Reiche-Fischel O, Franco PF. TMJ Concepts/Techmedica custom-made TMJ total joint prosthesis: 5-year follow-up study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2003; 32(3):268-74.
287. Woźniak K, Piątkowska D, Lipski M, Mehr K. Surface electromyography in orthodontics-a literature review. *Med Sci Monit*. 2013; 19:416-23.
288. Woźniak K, Lipski M, Lichota D, Szyszka-Sommerfeld L. Muscle fatigue in the temporal and masseter muscles in patients with temporomandibular dysfunction. *Biomed Res Int*. 2015; 2015:269734.
289. Wright AR, Gatchel RJ, Wildenstein L, Riggs R, Buschang P, Ellis E 3rd. Biopsychosocial differences between high-risk and low-risk patients with acute TMD-related pain. *J Am Dent Assoc*. 2004; 135(4):474-83.
290. Xie Q, Li X, Xu X. The difficult relationship between occlusal interferences and temporomandibular disorder - insights from animal and human experimental studies. *J Oral Rehabil*. 2013; 40(4):279-95.
291. Yamada Y, Yamamura K, Inoue M. Coordination of cranial motoneurons during mastication. *Respir Physiol Neurobiol*. 2005; 147(2-3):177-89.
292. Yamaguchi S, Itoh S, Watanabe Y, Tsuboi A, Watanabe M. Quantitative analysis of masticatory activity during unilateral mastication using muscle fMRI. *Oral Dis*. 2011; 17(4):407-13.

293. Yap EC. Myofascial pain--an overview. *Ann Acad Med Singapore*. 2007; 36(1):43-8.
294. Yu Q, Liu Y, Chen X, Chen D, Xie L, Hong X, Wang X, Huang H, Yu H. Prevalence and associated factors for temporomandibular disorders in Chinese civilian pilots. *Int Arch Occup Environ Health*. 2015; 88(7):905-11.
295. Zakrzewska JM. Multi-dimensionality of chronic pain of the oral cavity and face. *J Headache Pain*. 2013; 14(1):37.
296. Zwiri AM, Al-Omiri MK. Prevalence of temporomandibular joint disorder among North Saudi University students. *Cranio*. 2015 Dec 23:1-6. Epub ahead of print.

XI. Anexo

1. Resumen

Influencia del contacto mediotrusivo natural en la actividad electromiográfica mandibular y cervical en personas sanas y con trastornos temporomandibulares durante la masticación y el rechinar dentario

Introducción

El efecto de un contacto oclusal mediotrusivo sobre la actividad muscular ha sido un tema de debate por décadas y su importancia clínica es aún dudosa.

La oclusión dentaria ha sido estudiada desde distintas perspectivas, estableciéndose ya en los últimos años del siglo XIX los principios que corresponden a una oclusión normal y una maloclusión (Angle, 1899). Sin embargo la complejidad para el poder establecer la contribución de cada alteración oclusal en particular es difícil, debido a su estrecha relación con otras estructuras del sistema estomatognático (como el sistema neuromuscular y las articulaciones temporomandibulares) y la variabilidad intrínseca de los sujetos, manifestándose por ejemplo en la capacidad de adaptación, entre otras causas. Esto se hace aun más complejo al intentar relacionar estas alteraciones de la oclusión con la presencia de trastornos temporomandibulares, dado que estos últimos presentan una etiología multifactorial, donde una serie de factores de riesgo interactúan a nivel individual, determinando la aparición de los síntomas y signos clínicos (Greene, 2001).

Con la finalidad de obtener información relevante que permita dilucidar en parte el fenómeno, la herramienta utilizada fue la electromiografía de superficie ya que es la técnica más objetiva y confiable para la evaluación de la función y eficiencia muscular, a través de la detección de los potenciales eléctricos, siendo posible evaluar el grado de actividad muscular durante función y parafunción (Woźniak y cols., 2013).

1.1 Estudio 1

Objetivo. Este estudio evaluó el efecto de un contacto mediotrusivo natural en la actividad electromiográfica (EMG) de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos durante la masticación en sujetos sanos.

Material y métodos. La muestra del estudio incluyó dos grupos de 15 sujetos cada uno (Grupo 1: con contacto mediotrusivo natural; Grupo 2: sin contacto mediotrusivo natural). La actividad EMG superficial bilateral fue registrada en los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos durante la masticación unilateral de una mitad de galleta y la masticación unilateral de un trozo de manzana. La actividad de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos fue normalizada respecto a la actividad registrada durante el máximo apretamiento voluntario en posición intercuspal y la máxima rotación intencional isométrica de la cabeza y el cuello hacia cada lado, respectivamente. También fueron calculados los índices de asimetría parcial y total. Los datos fueron analizados utilizando las pruebas de Mann-Whitney, Wilcoxon y el test-t no pareado.

Resultados. La actividad EMG los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos no mostró diferencia significativa entre los grupos. La actividad EMG los músculos temporales anteriores fue similar entre el lado de trabajo y de no trabajo durante la masticación en ambos grupos. La actividad EMG los músculos esternocleidomastoideos fue mayor en el lado de trabajo que en el lado de no trabajo en los sujetos del Grupo 2. Los índices de asimetría no fueron significativamente diferentes entre los grupos.

Conclusiones. El patrón EMG similar y los índices de asimetría observados, sugieren la predominancia del control nervioso central por sobre las influencias periféricas en los grupos de las motoneuronas de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos.

1.2 Estudio 2

Objetivo. Existe un escaso conocimiento en relación a la influencia del contacto mediotrusivo natural en la actividad muscular mandibular y cervical. El propósito de este estudio fue el analizar la actividad EMG de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos durante el rechinar dentario en sujetos sanos con y sin un contacto oclusal mediotrusivo natural.

Material y métodos. Participaron quince sujetos con contacto oclusal mediotrusivo natural (Grupo 1) y quince sujetos sin contacto oclusal mediotrusivo natural (Grupo 2). Se registró la actividad EMG de superficie bilateral de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos durante las condiciones de rechinar dentario unilateral excéntrico y concéntrico. La actividad EMG fue normalizada en relación a la actividad registrada durante el máximo apretamiento voluntario en posición intercuspal para los músculos temporales anteriores y durante la máxima rotación intencional isométrica hacia cada lado, para los músculos esternocleidomastoideos.

Resultados. La actividad EMG de los músculos temporales anteriores y esternocleidomastoideos no mostró diferencias significativas entre los grupos. La actividad EMG de los músculos temporales anteriores fue mayor en el lado de trabajo que en el lado de no trabajo en el Grupo 1 durante el rechinar concéntrico (0,492 vs. 0,047), mientras que no se observaron diferencias en el Grupo 2. La actividad EMG de los músculos esternocleidomastoideos fue similar entre el lado de trabajo y de no trabajo en ambos grupos y condiciones. Los índices de asimetría no fueron significativamente diferentes entre ambos grupos.

Conclusiones. Estos hallazgos en sujetos sanos apoyan la hipótesis que durante el rechinar dentario en vigilia, el control nervioso central predomina sobre las influencias periféricas y refuerza la idea de una asociación funcional entre los grupos de motoneuronas que controlan los músculos mandibulares y cervicales.

1.3 Estudio 3

Objetivo. El objetivo de este estudio fue investigar si la presencia de un contacto mediotrusivo natural influye en el patrón de actividad EMG de los pacientes con TTM.

Método. Se registró la actividad EMG de superficie bilateral de los músculos temporales anteriores, maseteros y esternocleidomastoideos en 43 sujetos, durante la masticación unilateral y el rechinar dentario. Trece pacientes presentaron TTM y un contacto mediotrusivo natural (Grupo 1), 15 presentaron TTM sin el contacto mediotrusivo natural (Grupo 2), y 15 fueron sujetos sanos sin contactos mediotrusivos (Grupo 3). Todos los sujetos fueron examinados de acuerdo a los Criterios Diagnósticos para la Investigación de los TTM (CDI/TTM). Todos los valores EMG fueron estandarizados como el porcentaje de la actividad EMG registrada durante la máxima contracción isométrica con rollos de algodón.

Resultados. La actividad EMG de todos los músculos registrados no mostró diferencias significativas entre los grupos durante la masticación y el rechinar. En general, en todos los grupos, la actividad EMG en los músculos temporal anterior y masetero durante la masticación fue mayor en el lado de trabajo. Durante el rechinar, esas diferencias solo fueron encontradas en los músculos maseteros (principalmente durante el rechinar excéntrico). La actividad EMG del músculo esternocleidomastoideo no mostró diferencias significativas durante la masticación y el rechinar dentario. La simetría, el equilibrio muscular y la ausencia de desplazamiento mandibular fueron hallazgos comunes en todos los grupos.

Discusión. Los resultados de la actividad EMG sugieren que es pequeña la contribución de un contacto oclusal mediotrusivo natural en los patrones de actividad EMG de los pacientes con TTM. Por lo tanto, la eliminación de esta característica oclusal con fines terapéuticos podría no estar indicada.